



UNIVERSITAT JAUME I

Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals

Grau en Enginyeria Química

Diseño de una EDAR para el tratamiento de aguas residuales de la industria cerámica para su reutilización en una planta de fabricación de polvo atomizado

Trabajo Fin de Grado

Autor/a

George Badea

Tutor/a

Eliseo Monfort Gimeno

Castellón, Noviembre de 2017

0. Resumen

Resumen

En el presente proyecto se pretende diseñar una estación depuradora de aguas residuales con una capacidad de 30 m³/h. La EDAR se construye para disminuir el consumo de agua propia (agua de pozo) de la empresa Nuevos Productos Cerámicos, ubicada en Villafamés.

El agua residual será transportada desde diferentes empresas cerámicas a la EDAR por medio de camiones cisterna. Antes de empezar con el tratamiento del agua se realizará una inspección del agua residual recibida y una homogeneización de la misma para regular las propiedades y el caudal del agua.

El agua tratada en la depuradora se mezclará con agua de pozo y se utilizará en el proceso de atomizado de la planta cerámica.

La planta de atomizado funciona las 24 horas del día y la EDAR funcionará 20 horas al día. Para compensar la diferencia en las horas de funcionamiento la capacidad de la EDAR será superior al caudal de agua tratada requerido por la planta de atomizado.

La EDAR estará ubicada lo más cerca posible de la planta de atomizado para minimizar los costes de transporte del agua.

Las propiedades del agua tratada se van a adaptar a los requeridos por el proceso de atomizado.

Como el agua tratada es destinada al uso industrial, la rentabilidad del proyecto será un aspecto de principal importancia. Sin embargo, la calidad del agua no será un aspecto menos valioso, ya que una buena calidad del agua favorece el proceso de atomizado.

La planta depuradora, una vez construida, pertenecerá a NPC (que pertenece al grupo EUROATOMIZADO). Sin embargo, para realizar el estudio económico se tratará a la EDAR como una empresa independiente. Se ha decidido realizar el estudio de esta forma porque resulta más conveniente realizar el estudio financiero y obtener la rentabilidad de la EDAR.

En este proyecto se plantean las soluciones propuestas y los equipos e infraestructuras utilizados para satisfacerlos, teniendo en cuenta la normativa actual.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El diseño de la estación depuradora finalizará con el cálculo del presupuesto total del proyecto.

1. Índice general

0. Resumen
1. Índice General
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de Condiciones
6. Estado de Mediciones
7. Presupuesto

2. Memoria

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	OBJETO.....	3
2	ALCANCE	4
3	ANTECEDENTES	7
4	NORMAS Y REFERENCIAS	9
4.1.	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	9
4.2.	PROGRAMAS INFORMÁTICOS.....	9
4.3.	BIBLIOGRAFÍA.....	10
4.4.	WEBGRAFÍA.....	10
5	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	11
6	REQUISITOS DE DISEÑO.....	12
6.1.	RECEPCIÓN DE AGUAS.....	12
6.2.	CAUDAL DE AGUA.....	12
6.3.	CALIDAD DEL AGUA	13
7	ANÁLISIS DE SOLUCIONES	18
7.1.	REACTIVOS UTILIZADOS	18
7.2.	HOMOGENEIZACIÓN	22
7.3.	COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.....	25
7.3.1.	Coagulación.....	26
7.3.2.	Floculación.....	28
7.4.	SEDIMENTACIÓN	30
7.5.	CÁLCULO DEL ÁREA DE UN SEDIMENTADOR	32
7.6.	LABORATORIO DE CONTROL.....	34
8	RESULTADOS FINALES	37
8.1.	AGITADOR DEPÓSITO DE HOMOGENEIZACIÓN Y DEPÓSITO MEZCLA DE AGUAS.....	37
8.2.	TAMIZ ESTÁTICO.....	37
8.3.	REACTIVOS.....	39
8.4.	REACTORES DE COAGULACIÓN Y FLOCULACIÓN.....	40
8.5.	BOMBAS	41
8.6.	DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA	44
8.7.	SEDIMENTADOR.....	46
8.8.	FILTRO PRENSA.....	46
9	PLANIFICACIÓN	48
10	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	50
10.1.	INVERSIÓN INICIAL	50
10.2.	PRESUPUESTO DE EXPLOTACIÓN	55
10.2.1.	Gastos directos	55
10.2.2.	Gastos indirectos	57

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

10.2.3.	<i>Gastos totales</i>	60
10.3.	BENEFICIO	60
10.4.	ESTUDIO FINANCIERO	61

1 Objeto

El objetivo del proyecto es el diseño de una depuradora industrial capaz de tratar agua residual proveniente de diferentes clientes de la empresa GRUPO EUROATOMIZADO con el fin de utilizarla en el proceso de atomizado en la planta de Villafámes. La capacidad de la EDAR será de $30\text{m}^3/\text{h}$.

El agua tratada se aprovechará en totalidad en la planta de atomizado de la empresa ubicada cerca de la depuradora.

Además, deberá adaptarse a diferentes variaciones de la calidad y caudal del agua de entrada sin que las propiedades de salida salgan de los límites establecidos.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

2 Alcance

El grupo EUROATOMIZADO dispone de una planta de atomizado cerca de Villafamés. Con el fin de satisfacer el consumo de agua del proceso de atomizado se ha decidido depurar y utilizar agua residual proveniente de diferentes empresas cerámicas. Además, como resulta eficiente y rentable, se mezclará el agua depurada con agua proveniente de un pozo de la empresa.

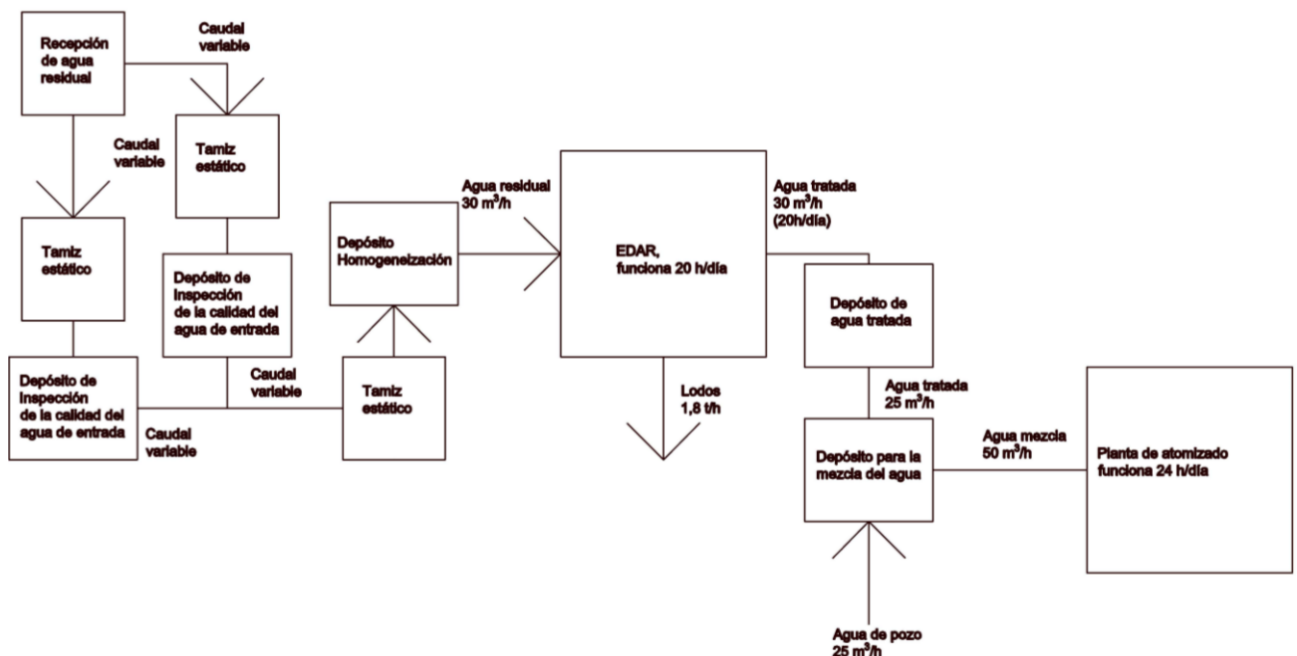
Para disminuir costes, relacionados con el transporte del agua, tanto la EDAR como el pozo se van a ubicar lo más cerca posible de la planta de atomizado.

La construcción de la estación depuradora de aguas residuales aportará dos principales beneficios:

- Se reduce el consumo de agua propia (agua de pozo)
- La empresa realiza un bien económico para los proveedores de aguas residual

En la ilustración 2-1. M. se expone un esquema de funcionamiento de la EDAR. La figura 2-1. M. se puede visualizar a escala más alta en el documento “Planos”.

Ilustración 2-1.M. Esquema general del proyecto sin incluir los procesos de la EDAR



El agua residual es transportada por medio de camiones cisternas, desde las empresas proveedoras hasta la EDAR. Los camiones descargaran el agua residual, a través de un tamiz estático dentro de dos depósitos (un tamiz para cada depósito) donde se inspeccionará la calidad del agua.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El caudal de estos primeros tamices será muy superior a la capacidad de funcionamiento de la EDAR para compensar las posibles variaciones del caudal de entrada del agua residual y para garantizar una descarga rápida del agua residual.

En los depósitos de recepción se realizará una inspección visual de las aguas de entrada para comprobar que no presenten aceites y grasas, que son unos inconvenientes para el proceso de atomizado y la EDAR no los puede eliminar. Además, se instalará un densímetro digital para medir de forma rápida la densidad de entrada de las aguas. Si las aguas tienen altas densidades y/o presentan “contaminación” de grasas y aceites se notificará el inconveniente a la empresa proveedora para evitar futuros inconvenientes.

Desde los depósitos de recepción el agua se bombeará hasta el depósito de homogeneización (pasando por un tamiz más fino que los de recepción), donde se regulan las propiedades del agua y el caudal de entrada del agua residual en la EDAR.

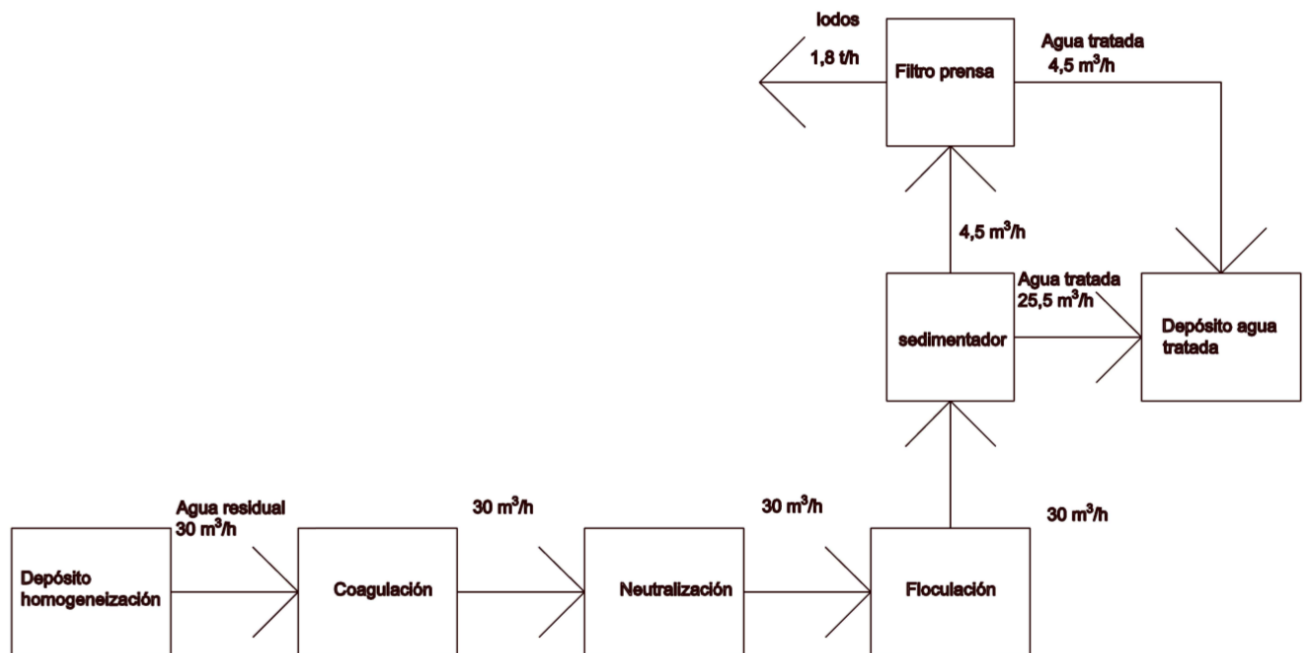
A continuación, se van a exponer los principales pasos del tratamiento del agua en la EDAR.

- Desde el depósito de homogeneización el agua es bombeada hasta al reactor de coagulación en el que se dosifica la cantidad de cloruro férrico (coagulante) requerida
- Después, pasa al tanque de neutralización donde se neutralizará el efecto del cloruro férrico utilizando hidróxido de sodio.
- Del reactor de neutralización pasa al reactor de floculación donde se dosifica la cantidad de floculante requerida
- Del reactor de floculación el agua pasa a un sedimentador, donde se separan los fangos del agua clarificada (que desborda por la parte superior).
- El agua clarificada se conduce por gravedad al depósito de agua tratada.
- Los fangos se bombean hasta el filtro prensa, aquí se eliminan los lodos y se recupera una parte del agua. El agua recuperada se conduce por gravedad al depósito de agua tratada mencionado anteriormente.
- Se toma una muestra y se miden los parámetros de interés en el laboratorio de control de la calidad, para comprobar las propiedades de salida del agua tratada

El esquema de los procesos propuesto anteriormente se encuentra a continuación.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ilustración 2-2.M. Esquema general de la EDAR



Como se ha visto en la ilustración 2-1. M. el agua tratada se almacenará en un depósito de agua tratada, desde este depósito se vuelve a bombear el agua hasta otro depósito donde se mezclará agua tratada con agua de pozo.

Finalmente, desde este último depósito se bombeará agua mezcla (agua de pozo+ agua tratada) a la planta de atomizado.

3 Antecedentes

La idea del proyecto proviene de la estancia en prácticas, que se han realizado en la empresa Nuevos Productos Cerámicos (NPC) perteneciente al grupo EUROATOMIZADO.

Ilustración 3-1.M. Plantas GRUPO EUROATOMIZADO



Fuente: www.grupoeuroatomizado.com

El GRUPO EUROATOMIZADO nace en 2008, resultado de la unión de las empresas Nuevos Productos Cerámicos, S.A y Euroatomizado, S.A., la unión de las dos empresas permite sumar el directorio de clientes, mejorar el servicio y compartir sinergias reduciendo costes de materias primas. De esta forma el grupo EUROATOMIZADO se convierte en el grupo líder a nivel nacional e internacional en diseño, desarrollo, fabricación y comercialización de composiciones cerámicas

El GRUPO EUROATOMIZADO cuenta con dos plantas totalmente automatizadas, ubicadas en Villafamés y Onda, tiene a su disposición una superficie de 203.000 m² y una capacidad productiva de 1.400.000 ton/año. Además, cuenta con una amplia gama de equipos, entre los cuales destacan las siguientes:

- 2 naves con 22.000 m² para el almacenamiento de materia prima
- 18 molinos
- 11 atomizadores
- 160 silos de almacenamiento de producto terminado
- 4 turbinas de cogeneración con una potencia total instalada de 25Mwe
- 2 plantas de tratamiento de aguas residuales

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- 1 planta de valorización de tiesto cocido
- 2 laboratorios de control de calidad
- 1 laboratorio de I+D+i
- 1 planta piloto para el desarrollo de nuevo producto
- 1 instalación integral para la fabricación de productos coloreados

4 Normas y referencias

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- UNE-EN ISO 15877-2:2009/A1:2011, Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Poli(cloruro de vinilo) clorado (PVC-C). Parte 2: Tubos. Modificación 1. (ISO 15877-2:2009/AMD 1:2010).
- UNE-HD 60364-5-56:2010, Instalaciones eléctricas de baja tensión. Parte 5-56: Elección e instalación de los materiales eléctricos. Alimentación para los servicios de seguridad.
- Real Decreto 656/2017, de 23 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ 0 a 10.
- UNE 30120:1960, Reactivos para análisis. Cloruro férrico.
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.
- LEY 6/2014, de 25 de julio, de la Generalitat, de Prevención, Calidad y Control Ambiental de Actividades en la Comunitat Valenciana. Modificada por:
 - LEY 7/2014, de 22 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat.
 - LEY 10/2015, de 29 de diciembre, de medidas fiscales, de gestión administrativa y financiera, y de organización de la Generalitat.

4.2. Programas informáticos

Microsoft Word 2010.

Microsoft Excel 2010.

Autocad 2018

4.3. Bibliografía

Apuntes EQ1027 *Tecnología del medio ambiente*. Tema 4, *Contaminación Hídrica*. Monfort Gimeno, E.

Apuntes EQ1031 *Proyectos de Ingeniería*. Colomer Mendoza, F. J.

METCALF & EDDY, INC. *WASTEWATER ENGINEERING. Treatment, Disposal Reuse*. (Tchobanoglus, G; Burton, F. L. (rev)) 3ª ed. Mc Graw Hill, 1995.

ITC, Tratamiento de Emisiones Gaseosas, Efluentes Líquidos y Residuos Sólidos de la Industria Cerámica, 1992.

4.4. Webgrafía

<http://www.grupoeuroatomizado.com>

<http://dardel.info>

5 Definiciones y abreviaturas

Las principales abreviaturas utilizadas en el proyecto son las siguientes:

ppm: partes por millón, unidad de medida de la concentración

NPC: Nuevos Productos Cerámicos

S.A.: sociedad anónima

Aa.: absorción de agua

rpm: revoluciones por minuto

μ S/cm: microsiemens por centímetro

PAC: polialuminio cloruro

PAM: poliacrilamida

PP: polipropileno

PVC: policloruro de vinilo

PVDF: polifluoruro de vinilideno

FPM: caucho fluorado

mca: metro columna de agua, es una unidad de presión

CTE: Código Técnico de la Edificación

LOE: Ley Orgánica de Educación

CTE: Código Técnico de la Edificación

VAN: valor actual neto

TIR: tasa interna de rentabilidad

PR: periodo de retorno

IVA: Impuesto al Valor Agregado

6 Requisitos de diseño

Los requisitos de diseño forman otro aspecto valioso para llevar a cabo el proyecto. La calidad del agua y la capacidad de producción son los temas que se van a ver en este apartado.

6.1. Recepción de aguas

El agua residual será transportada desde las diferentes empresas de origen cerámico hasta la EDAR propuesta en el proyecto. Aunque los límites para los parámetros de entrada son altos (la tabla con los parámetros de entrada se puede visualizar en el apartado 6.3), la EDAR no aceptará aguas con un alto contenido en grasas y aceites porque son perjudiciales para el proceso de atomizado. Tampoco se aceptarán aguas con una densidad muy alta, porque al tratar estas aguas se obtiene una alta cantidad de lodos.

Para comprobar si las empresas proveedoras cumplen el acuerdo establecido se van a construir dos depósitos de recepción de aguas donde se realizará una comprobación visual de las aguas de entrada para comprobar que las aguas no presenten aceites o grasas y se utilizará un densímetro digital para comprobar rápidamente la densidad del agua.

El agua será descargada directamente del camión cisterna, pasándola por un tamiz con un caudal de $150 \text{ m}^3/\text{h}$, al depósito de recepción.

6.2. Caudal de agua

El caudal de agua que la EDAR debe suministrar a la planta de atomizado es de 1200 m^3 al día. Como la planta de atomizado funciona las 24 horas del día se bombeará $50 \text{ m}^3/\text{h}$ de agua.

El agua bombeada a la planta de atomizado será una mezcla entre agua depurada y agua de pozo, siendo:

- 50% agua de pozo ($25 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h} = 600 \text{ m}^3/\text{día}$)
- 50% agua depurada ($25 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 24 \text{ h} = 600 \text{ m}^3/\text{día}$)

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Para cubrir el consumo de agua que le corresponde a la EDAR ($600 \text{ m}^3/\text{día}$), la planta depuradora funcionará 20 horas al día a una capacidad de $30 \text{ m}^3/\text{h}$, las 4 horas restantes se van a aprovechar para el mantenimiento de la planta.

6.3. Calidad del agua

En la tabla 6.1 se expone el resultado de un análisis químico medio de aguas residuales sin depurar, provenientes de empresas de fabricación de baldosas. Como en el presente proyecto se pretende diseñar una EDAR que deberá tratar aguas residuales provenientes de diferentes empresas cerámicas se utilizarán estos datos como valores de entrada.

Tabla 6-1.M. Análisis químico medio de aguas residuales sin depurar provenientes de empresas fabricantes de baldosas

parámetro	Intervalo de variación
pH	7-9
Sólidos en suspensión (mg/l)	1000-20000
Sólidos sedimentables (mg/l)	5-30
Cloruros (mg/l)	100-700
Sulfatos (mg/l)	100-500
Fluoruros (mg/l)	< 2
DQO (mg/l)	150-1000
DBO ₅ (mg/l)	50-400
Conductividad (mS/cm)	1-2
Boro (mg/l)	1-10
Calcio (mg/l)	5-500
Magnesio (mg/l)	10-100
Aluminio (mg/l)	< 2
Hierro (mg/l)	< 0,5
Zinc (mg/l)	< 2
Plomo (mg/l)	< 5

A continuación, se van a presentar los principales aspectos que se van a tener en cuenta en el presente proyecto a la hora de analizar la calidad del agua. Los límites de salida adoptados se encuentran en la tabla 6-3. M. Si por casualidad una o más propiedades

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

salen de los límites propuestos se incrementará el porcentaje de agua de pozo en la mezcla de agua (agua de pozo + agua tratada) que es bombeada a la planta de atomizado.

pH: El pH es una medida de la concentración de iones hidrógeno de una solución, se expresa como el logaritmo negativo de base 10 en la actividad de los iones de hidrógeno, la fórmula empleada es la siguiente:

$$pH = -\log_{10}[H^+] \quad (6.1)$$

El pH mide el grado de alcalinidad y acidez de una solución.

El pH tiene un papel importante en la coagulación y floculación, ya que ciertos coagulantes y floculantes pierden eficiencia si el agua no se encuentra a un pH adecuado. De todas formas, en el presente proyecto se va a utilizar un coagulante y un floculante que permita trabajar en un mayor rango de pH.

Otro aspecto importante es que el agua tratada que también se utilizará para la limpieza de la maquinaria, dentro de la planta de atomizado. Y aunque los empleados llevaran las medidas de protección adecuadas, siempre resulta conveniente controlar el pH.

Para el control del pH, se ha decidido fijar un límite superior igual a 9 y un límite inferior de 7.

Sulfatos: sales del ion sulfato, que se encuentra en la mayoría de las aguas. Las bacterias, que atacan y reducen los sulfatos, hacen que se forme sulfuro de hidrógeno gas (H_2S).

Se pueden eliminar por ósmosis inversa, destilación y en la mayoría de los casos, por intercambio iónico.

Como en nuestro caso, no se utiliza ninguna técnica específica para la eliminación de sulfatos se fija un límite de salida muy alto para este parámetro. Interesa medir la cantidad de sulfatos porque afectan al olor del agua.

Cloruros: Se encuentra con frecuencia con frecuencia en aguas naturales y residuales, desde cantidades muy pequeñas hasta cantidades muy altas. Tienen como origen la disolución de rocas y sólidos en contacto con el agua, otra causa es la descarga de aguas residuales a aguas superficiales.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Se fija un límite de salida alto porque las técnicas utilizadas no modifican este parámetro. Pero se ha decidido medir la cantidad de cloruros a la entrada y salida de la EDAR debido a su carácter corrosivo.

Dureza: se puede definir como la concentración total de calcio y magnesio, dependiendo del ámbito de trabajo se suele expresar como:

- Equivalentes por metro cúbico (meq/L)
- Grado francés (°fH)
- Miligramos de carbonato cálcico partido litro (mg CaCO₃/L)

El calcio y el magnesio forman la dureza total (TH, total hardness)

Dureza temporal (TAC, titration alkaline compounds), es la dureza asociada a los carbonatos, se puede eliminar por ebullición

Dureza permanente (H, hardness), es la dureza obtenida después de la eliminación de los carbonatos ($H=TH-TAC$).

En el caso del proyecto se va a medir la dureza en función de la dureza cálcica, la clasificación variará según la siguiente tabla.

Tabla 6-2.M. Clasificación cualitativa de las aguas por su dureza

Clasificación por dureza	Dureza (mg CaCO ₃ /L)
Blanda	<50
Moderadamente dura	150
Dura	150-300
Muy dura	>300

Existen varias formas para eliminar la dureza del agua: ablandamiento con carbonato sódico y cal, ablandamiento con sosa caustica, por precipitación (con cloruros, sulfatos, etc.). Para este parámetro se fijará un valor de salida, aunque no se utilice un método de eliminación de la dureza porque afecta directamente a la reología de la barbotina.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Conductividad: la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica, la unidad del sistema internacional para la conductividad es el $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad aumenta conforme incrementan los iones de una solución.

Una forma de bajar la conductividad es por ósmosis inversa. El aumento de la conductividad influye negativamente en la desfloculación de la barbotina y aunque en el presente proyecto no se incluye un tratamiento que pueda disminuir notablemente la conductividad se dispone de una alternativa a la hora de bajar el valor de la conductividad de forma considerable. El agua de pozo de la empresa presentará una conductividad notablemente inferior a la del agua tratada, al mezclar las dos aguas se obtiene un agua de alimentación, para el proceso de atomizado, con una conductividad menor a la del agua tratada.

Como resultado, se decide controlar el valor de la conductividad. La conductividad de salida del agua tratada (depuradora) no deberá ser superior a $2 \text{ mS}/\text{cm}$.

Coloides: mezclas heterogéneas formadas por lo menos por dos fases diferentes con la materia de una de las fases en forma finamente dividida (sólido, líquido o gas), denominada fase dispersa. Se encuentra dentro de una fase continua (sólido, líquido o gas), que se llama medio de dispersión.

Pueden ser de origen orgánico, como macromoléculas de origen vegetal, o inorgánico, como óxidos de hierro y manganeso.

Por lo menos uno de los componentes de la mezcla presenta una dimensión en el intervalo de 1 a 1000 nanómetros.

Se pueden eliminar por sedimentación, filtración y floculación. En el presente proyecto se van a eliminar por sedimentación, después de realizar un tratamiento coagulación-floculación.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

En la tabla 6-3. M. se pueden visualizar los límites de salida del agua depurada.

Tabla 6-3.M. Valores de salida, de diferentes parámetros químicos de la depuradora.

parámetro	Intervalo de variación
pH	7-9
Sólidos en suspensión (mg/l)	3000
Sólidos sedimentables (mg/l)	0,1
Cloruros (mg/l)	700
Sulfatos (mg/l)	500
Calcio (mg/l)	500
Magnesio (mg/l)	100
Conductividad (mS/cm)	1,8

Se debe tener en cuenta que el objetivo de la depuradora no consiste en eliminar la mayor cantidad posible de impurezas, el propósito reside en producir agua con unas características aceptables lo más económicamente posible. Ya que una alta calidad del agua de alimentación al proceso de atomizado no es la única alternativa para obtener una buena fluidez para la barbotina. Los procesos de tratamiento propuestos deben ser rentables además de eficientes.

Además, como se ha mencionado anteriormente se realizará una mezcla del agua tratada con el agua de pozo para mejorar la calidad del agua.

7 Análisis de soluciones

A continuación, se van a exponer los procesos que forman parte de la línea de tratamiento de la EDAR

Existen dos grandes grupos de depuradoras.

Físico-Químicas: utiliza reactivos químicos para favorecer la separación de los sólidos en suspensión. Método empleado en plantas con una alta carga de contaminación química.

Biológicas: procesos microbiológicos, utilizan la intervención de microorganismos que actúan sobre la materia orgánica e inorgánica en suspensión, disuelta y coloidal y la transforma en sólidos sedimentables, más fáciles de separar. Es generalmente empleada en plantas donde la carga es mayoritariamente orgánica.

Con el fin de conseguir una depuración óptima se pueden combinar ambos tipos de depuración. Sin embargo, la depuradora del presente proyecto será principalmente físico-química, se ha elegido esta opción porque se puede obtener agua con una calidad conveniente obteniendo una mayor rentabilidad.

Como primer punto se van a comentar los reactivos elegidos, después la estructura de los apartados vendrá determinada por el orden en el que se van a aplicar los tratamientos en la planta, como consecuencia el primer procedimiento del tratamiento será la homogeneización del agua residual.

7.1. Reactivos utilizados

Los reactivos utilizados en la planta son los que se van a utilizar en el proceso coagulación-floculación. Los procesos de coagulación y floculación son explicados en el apartado 7.3.

Existen diferentes categorías de coagulantes y floculantes. A continuación, se van a exponer algunas posibilidades, de las cuales se van a elegir los reactivos utilizados en la planta.

7.1.1. Coagulante

Existe una amplia gama de coagulantes, pero dos de los que más se utilizan son:

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- El cloruro de hierro (III), también llamado cloruro férrico $[\text{FeCl}_3]$
- El sulfato de aluminio $[\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3]$

Sulfato de aluminio

El sulfato de aluminio es un producto económico y efectivo en la eliminación del fósforo en las plantas de tratamiento industrial y clarifica el agua al precipitar los sólidos suspendidos.

Rango de pH para la coagulación óptima: 5-7,5.

Algunas ventajas que aporta como coagulante:

- Alta disponibilidad
- Bajo coste
- Flexibilidad de uso en diferentes tipos de agua

Su principal inconveniente es la generación de lodos.

Según el tipo de agua funcionara mejor o peor, en la siguiente tabla se puede observar la eficiencia del sulfato de aluminio en diferentes tipos de agua (según turbidez y alcalinidad).

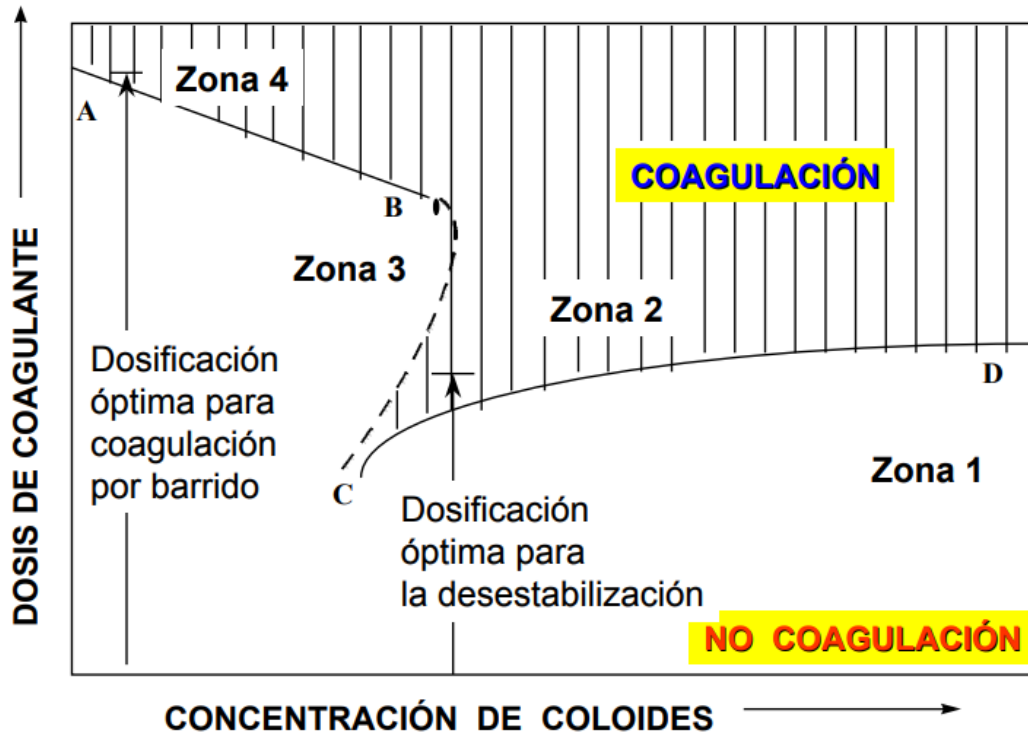
Tabla 7-1. Eficiencia del sulfato de aluminio en diferentes tipos de agua

Tipo de agua	Sulfato de aluminio
Tipo I, alta turbiedad-alta alcalinidad (Fácil de coagular)	Efectivo a pH 5-7 No requiere adición de alcalinidad y coagulantes de ayuda
Tipo II, alta turbiedad-baja alcalinidad	Efectivo a pH 5-7 Puede necesitar adicionar alcalinidad si disminuye el pH durante el tratamiento
Tipo III, baja turbiedad-alta alcalinidad	Efectivo en dosis altas Puede necesitar un coagulante ayuda para dar peso al floculo y sedimentar
Tipo IV, baja turbiedad-baja alcalinidad (muy difícil de coagular)	Efectivo solo para dosis de barrido, pero la dosis alta destruye la alcalinidad Deberá adicionarse alcalinidad para producir un tipo III o arcilla para un tipo II

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Además, en la siguiente figura se puede visualizar la dosis óptima de sulfato de aluminio según la concentración de coloides.

Ilustración 7-1. Relación entre concentración de coloides y dosis de coagulante



Almacenamiento, en tanques de almacenamiento construidos en:

- Poliéster fibra de vidrio
- Acero al carbón recubierto de caucho
- PVC

Transferencia, utilizando bombas de:

- acero inoxidable ANSI-316
- aleación durimet 20
- PVC

Se recomienda utilizar tuberías fabricadas con:

- PVC
- Acero inoxidable ANSI-316

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Cloruro de hierro (III)

El cloruro de hierro III, tradicionalmente llamado cloruro férrico, es un compuesto químico utilizado a escala industrial perteneciente al grupo de haluros metálicos, cuya fórmula es FeCl_3 .

Cuando se disuelve en el agua, el cloruro de hierro sufre hidrolisis

Rango de pH para la coagulación óptima: entre 4 y 6, y mayor de 8.

Ventajas que aporta el FeCl_3 en comparación con otros coagulantes:

- Permite trabajar en un amplio rango de pH, de 4,5 hasta 10, una característica muy conveniente porque el intervalo de trabajo es muy alto.
- Permite trabajar en amplios rangos de temperatura
- Genera iones trivalentes de mayor peso molecular, esenciales para el proceso de coagulación.

Además, como otros coagulantes ampliamente utilizados tiene las siguientes ventajas:

- Alta disponibilidad
- Bajo coste
- Flexibilidad de uso en diferentes tipos de agua

A la hora de almacenar FeCl_3 , este se debe separar de bases fuertes y materiales incompatibles

Elección del coagulante

Ambos coagulantes son muy utilizados en el proceso de coagulación a nivel mundial, sin embargo, se ha decidido utilizar FeCl_3 porque aporta las mismas ventajas, de carácter más importante, que aporta el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Siendo estas ventajas las siguientes: precio, disponibilidad y flexibilidad. Además, el FeCl_3 ofrece la posibilidad de trabajar en un mayor rango de pH, que es la característica con más influencia en el proceso de coagulación.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

7.1.2. Floculante

Poliacrilamida catiónica (CPAM) es una especie de polielectrolito soluble en agua y no tóxico. La cadena molecular es flexible, los pesos moleculares relativos son constantes, la distribución iónica es uniforme. Presenta una alta velocidad de formación de flóculo con un alto efecto de deshidratación.

Como **floculante** se utilizará poliacrilamida catiónica, se ha elegido este floculante debido a las siguientes ventajas:

- Se puede dosificar en cantidades muy pequeñas, resulta conveniente económicamente
- Disuelve rápidamente en agua
- Favorece la acción de las sales férricas, en nuestro caso se utiliza FeCl_3 como coagulante.
- Es un no-contaminante
- Proporciona una sedimentación rápida
- Efectivo en un amplio rango de pH y no modifica el pH del agua.
- Presenta resultados excelentes en los procesos de deshidratación de fangos, resulta muy conveniente porque los fangos que salen del espesador se bombean al filtro prensa.

7.2. Homogeneización

En plantas de tratamiento de aguas residuales las variaciones del caudal suelen ser considerables. La regulación u homogeneización de caudales amortigua estas variaciones de caudal, de manera que se alcance un caudal de salida constante.

Este problema es también presente en la estación depuradora que se desea diseñar, ya que el agua proviene de diferentes clientes y es suministrada en intervalos de tiempo diferentes. Realizar una homogeneización será el primer proceso a realizar en la planta.

El objetivo de la homogeneización es el de minimizar las fluctuaciones en las características del agua tanto en calidad como en cantidad con el fin de proveer las condiciones óptimas para los tratamientos subsecuentes.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Sus principales ventajas son los siguientes:

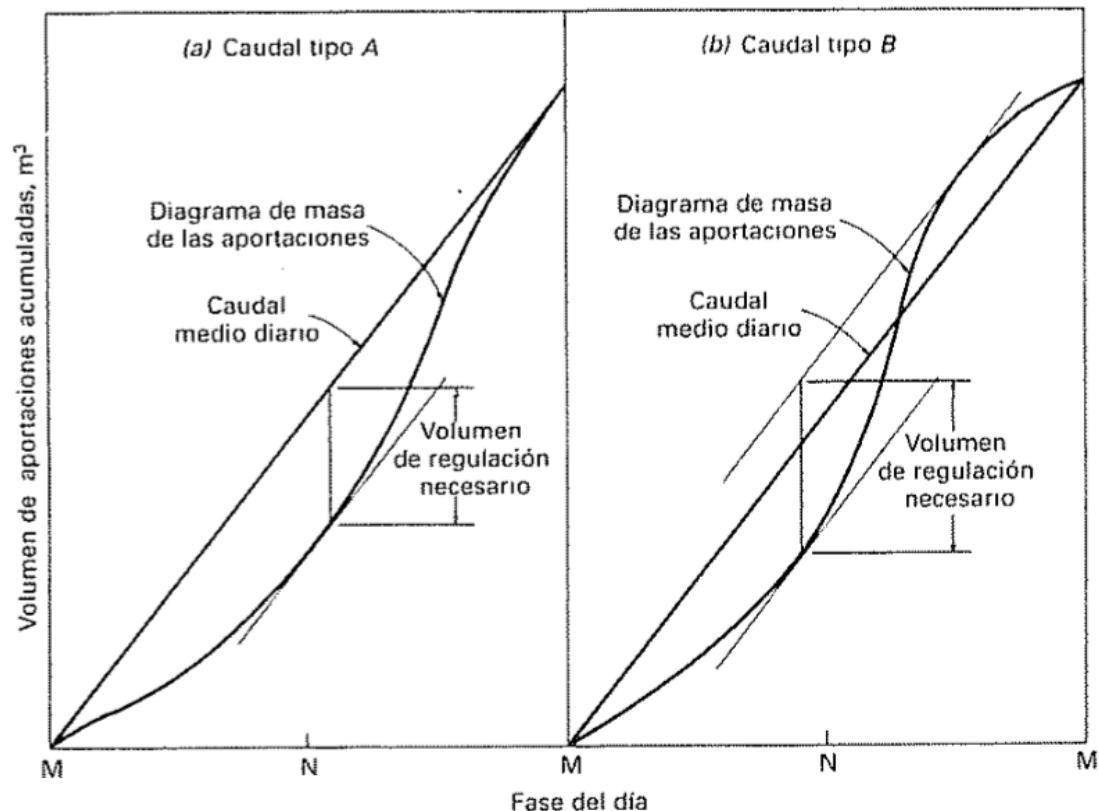
- En el caso del tratamiento biológico elimina cargas de choque, diluye sustancias inhibidoras y estabiliza el pH.
- Aumenta el rendimiento de los tanques de sedimentación porque se trabaja con cargas de sólidos constantes, también mejora la calidad del efluente.
- Mejora del rendimiento de los filtros y en algunos casos obtención de ciclos de lavado más uniformes.
- En el caso del tratamiento químico mejora el control de la dosificación y contribuye en mejorar la fiabilidad del proceso.
- Es una buena opción para mejorar el rendimiento de plantas de tratamiento sobrecargadas.

Como la localización optima de una instalación de homogeneización variará según el tipo de tratamiento utilizado la ubicación se debe determinar para cada caso en concreto. Sin embargo, la ubicación más conveniente suele ser dentro de las plantas de tratamiento, además es donde se implementará en el caso del presente proyecto.

El volumen del tanque de homogeneización se debe determinar a partir de un gráfico de caudales a tratar en el que se van a representar las aportaciones acumuladas al largo del día.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ilustración 7-2.M. Diagramas de masas esquemáticos para la determinación del volumen de homogeneización necesario para dos tipos de variación de caudales.



La pendiente de la recta que sale del origen y llega hasta el punto final del gráfico será el caudal medio diario.

Para el caudal de tipo A, en el punto de tangencia inferior el tanque se encuentra vacío y a partir de este momento se empieza a llenar hasta que llega la medianoche, momento en el que se vuelve a vaciar.

Para el caudal de tipo B, el tanque se encuentra completamente lleno en el punto de tangencia superior.

En la práctica el tanque de homogeneización debe ser de 10 a 20% más grande que el valor establecido por el valor teórico. Esto se debe a las siguientes razones:

- Los equipos de mezclado y aireación no llegan a un vaciado total debido al funcionamiento continuo.
- Aunque no se aconseja en algunos casos se realiza recirculación de sobrenadantes y filtrados
- Se deben considerar posibles cambios en los caudales diarios.

7.3. Coagulación y floculación

Las partículas muy finas presentes habitualmente presentes en las aguas residuales de origen cerámico son muy estables y además dificultan el empaquetamiento, afectando negativamente la fluidez de la barbotina en el proceso de atomizado.

Los tratamientos de coagulación y floculación se realizan con el fin de romper las suspensiones coloidales y producir la aglomeración de partículas.

Se ha elegido utilizar un tratamiento la coagulación-floculación por las siguientes ventajas:

- elimina de 80 a 90% de las partículas coloidales y en suspensión del agua.
- reduce la turbidez
- remueve parcialmente el color (80-90%), bacterias y virus

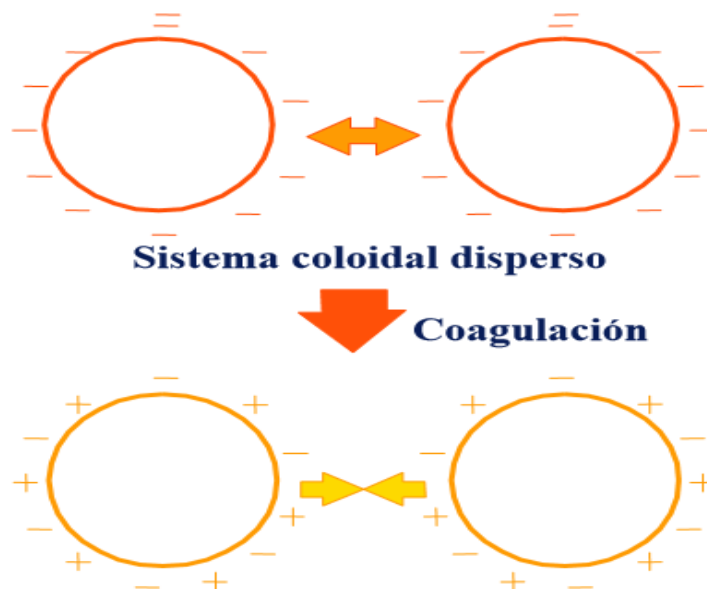
Los parámetros anteriormente mencionados son unos factores muy presentes en aguas residuales de origen cerámico, que es el tipo de agua residual que se pretende tratar en la EDAR propuesta en el proyecto.

7.3.1. Coagulación

La **coagulación** es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. La coagulación también favorece las fuerzas Van der Waals que tienen como objetivo la aglomeración de partículas.

En la siguiente gráfica se puede apreciar el efecto de la coagulación:

Ilustración 7-3. Neutralización de las cargas por medio del coagulante



Como se puede ver en la gráfica anterior, las cargas positivas anulan las negativas. Este efecto tiene como resultado la formación de agregados de pequeño-medio tamaño con un peso mayor a las partículas primarias que llegan a precipitar con el tiempo, para aumentar la velocidad del proceso se utiliza el fenómeno conocido como floculación.

Factores que influyen en la coagulación

- pH
- sales disueltas
- temperatura del agua
- dosis de coagulante
- tiempo de reacción

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- grado y velocidad de agitación
- geometría de los reactores
- turbidez

De todos los factores mencionados anteriormente el **pH** es la variable más importante a tener en cuenta a la hora de realizar la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente. Este rango óptimo depende de la naturaleza de los iones y alcalinidad del agua.

Además, cada coagulante funciona mejor en un cierto intervalo de pH, si se abandona este intervalo el coagulante deja de funcionar eficientemente.

Las **sales disueltas** presentes en el agua pueden afectar a la coagulación y también a la floculación de las siguientes formas:

- Modificación del rango de pH óptimo
- Modificación del tiempo requerido para la floculación
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente

Aunque no tan importante como el pH la variación de la **temperatura del agua** conduce al cambio de la densidad del agua que afectará a la energía cinética de las partículas en suspensión, que tiene como efecto cambios en la velocidad de coagulación.

La **dosis de coagulante** utilizada tiene un impacto directo sobre la eficiencia de la coagulación:

- Una cantidad insuficiente no neutraliza totalmente la carga de las partículas, se forman menos microflóculos y se obtiene una turbidez elevada.
- Una cantidad de coagulante superior a la dosis óptima tiene como efecto la inversión de la carga de la partícula, este efecto conduce a la formación de una gran cantidad de microflóculos con tamaños muy pequeños tienen una baja velocidad de sedimentación, en este caso también se obtiene una turbidez elevada
- El coagulante y la dosis óptima se deben elegir mediante ensayos prácticos. El coagulante y la dosis elegida influyen en la calidad del agua clarificada y el buen o mal funcionamiento de los decantadores

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tiempo de reacción, debe ser el adecuado dependiendo del proceso. Para la coagulación suele ser de 2 a 5 minutos

La **agitación** debe ser uniforme e intensa en la totalidad del volumen de agua, si no se cumple esta condición no se puede asegurar de que se ha producido efectivamente la neutralización de las correspondientes cargas. La velocidad de agitación en este caso debe ser alta (100-200 rpm).

Geometría de los reactores, estos procesos se suelen llevar a cabo en tanques cúbicos o cilíndricos, en la práctica los cilíndricos cuyo diámetro es igual a la altura suelen ser los más utilizados.

La **turbidez** es una medida del grado que hace que el agua pierda transparencia y aumente su temperatura, debido a la presencia de partículas en suspensión. Además, es una forma indirecta de medir la concentración de partículas suspendidas en un líquido, mide el efecto de la dispersión que estas partículas presentan al paso de la luz

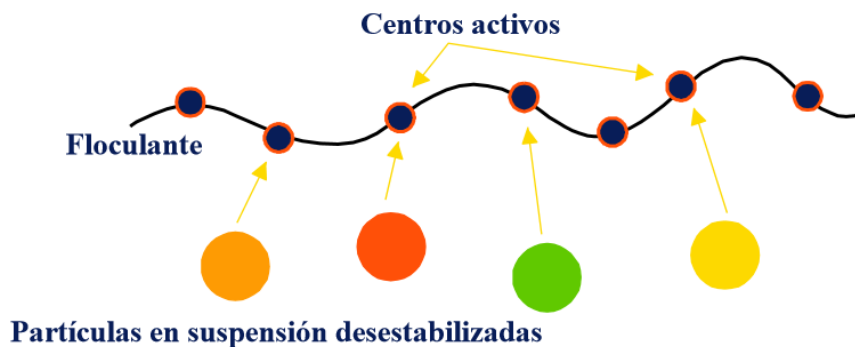
- La turbidez se debe en mayor parte a las partículas de lodo de sílice de diámetros que varían entre 0,2 y 5 μm . La coagulación de estas partículas es muy fácil de realizar cuando el pH se mantiene dentro del rango óptimo. La variación de la concentración de las partículas permite realizar las siguientes predicciones:
- Para cada valor de turbidez existe una dosis óptima de coagulante que permite obtener la turbidez más baja

7.3.2. Flocculación

Suele suceder que los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides no sean lo suficientemente grandes como para sedimentar con la rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario.

La **floculación** es el proceso que sigue a la coagulación, consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Los flóculos inicialmente son muy pequeños, pero al juntarse forman aglomerados capaces de sedimentar

Ilustración 7-4. Acción floculante



La floculación es favorecida por el mezclado lento que permite juntar poco a poco los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no es favorable porque rompe los flóculos y raramente se vuelven a formar en su tamaño y fuerza óptimos.

Como en el caso anterior, la floculación es afectada por varios factores:

- **pH**
- **cantidad de reactivo**
- **tiempo de reacción**
- **condiciones de agitación**
- **geometría de los reactores**

Cada floculante funciona mejor en un cierto intervalo de **pH**, para que la floculación sea eficiente no se debe salir de esos límites.

La **cantidad de reactivo** es un factor importante a tener en cuenta, principalmente porque el exceso de floculante afecta negativamente la floculación, además del coste económico. Como el coagulante, la cantidad óptima se debe buscar experimentalmente.

El **tiempo de reacción** depende del proceso, generalmente este tiempo suele ser de 2 a 6 minutos para la floculación.

Condiciones de agitación, como se ha mencionado anteriormente el mezclado para el caso de la floculación debe ser lento para evitar la rotura de flóculos. Se utilizan velocidades de agitación de 30 a 60 rpm

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Geometría de los reactores, estos procesos se suelen llevar a cabo en tanques cúbicos o cilíndricos, en la práctica los cilíndricos cuyo diámetro es igual a la altura suelen ser los más utilizados.

Después de realizar un tratamiento coagulación-floculación es imprescindible realizar una operación de sedimentación. La sedimentación será la siguiente operación en la línea de tratamiento de la EDAR propuesta en el proyecto y sus aspectos teóricos se mencionan a continuación.

7.4. Sedimentación

Es una operación de separación sólido-líquido en la que los sólidos suspendidos en el líquido son separados de este mediante la fuerza de la gravedad. De este modo los flóculos más densos van a alcanzar una velocidad que les permita llegar al fondo de la unidad de sedimentación en un tiempo adecuado, para ser posteriormente extraídos del decantador mediante bombas.

El fin de esta operación consiste en eliminar:

- Arenas
- Materias en suspensión
- Flóculos químicos, cuando se realice un tratamiento de coagulación-floculación
- Bacterias, virus y organismos patógenos
- Sustancias productoras de olor y sabor
- Precipitados químicos

Según el estado de agregación y la concentración de partículas existen cuatro tipos de sedimentación

Discreta, también conocida como sedimentación tipo 1: este tipo de sedimentación ocurre cuando la concentración de partículas es reducida, no existe interacción entre partículas y la velocidad de sedimentación de una partícula no sufre modificaciones. En este tipo de sedimentación se cumple la ley de Stokes.

La eliminación de arenas del agua residual es un caso típico donde ocurre este tipo de sedimentación

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Floculenta, también conocida como sedimentación tipo 2: se cumple para soluciones diluidas, cuando las partículas empiezan a sedimentar se aglomeran y aumentan su velocidad de sedimentación.

Un buen ejemplo para este tipo de sedimentación es la eliminación de flóculos químicos o la eliminación de una porción de los sólidos en la sedimentación primaria.

Pistón, sedimentación tipo 3: cuando se trata de una solución con una concentración intermedia de partículas, las partículas se aglomeran y sedimentan como una unidad fija.

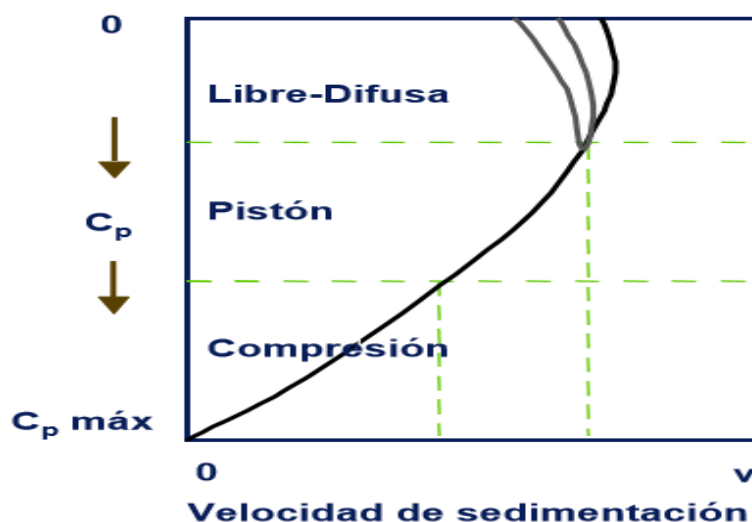
Sedimentación tipo 3, un caso típico en los tanques de sedimentación secundaria.

Por compresión, sedimentación tipo 4: en este caso la concentración de partículas es muy alta, las partículas que sedimentan a velocidad más baja frenan a las que sedimentan a velocidad más alta, la sedimentación se produce por compresión. Como la sedimentación se produce por compresión se producen deformaciones y en algunas rupturas de los agregados.

Se suele producir en las capas inferiores de las concentraciones con un alto contenido en sólidos.

La velocidad de sedimentación varía según la siguiente gráfica.

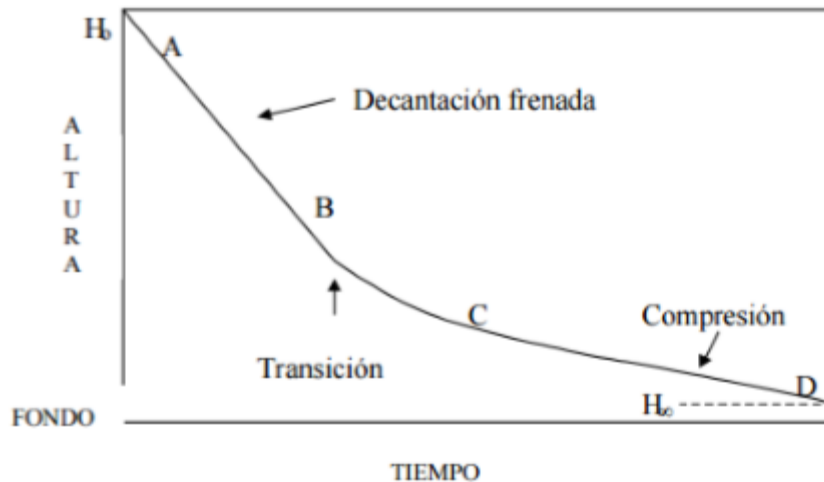
Ilustración 7-5.M. Velocidad de sedimentación según la concentración de sólidos



7.5. Cálculo del área de un sedimentador

El área del sedimentador según el principio de etapa limitante, vendrá dada por la mayor de las requeridas para realizar la **decantación frenada o la compresión**, las correspondientes zonas se pueden visualizar en la siguiente gráfica:

Ilustración 7-6.M. Altura de la interfase en la decantación zonal. Ensayo de Kynch



Área de decantación frenada (A_1)

La carga superficial (caudal de agua a tratar entre el área del sedimentador) requerida para la clarificación debe ser menor que la velocidad de decantación de la suspensión. Así, el área requerida para la clarificación puede calcularse a partir de la siguiente ecuación.

$$A_1 = \frac{Q}{V_p} \quad (7.1)$$

Siendo:

V_p : velocidad de sedimentación para la decantación frenada

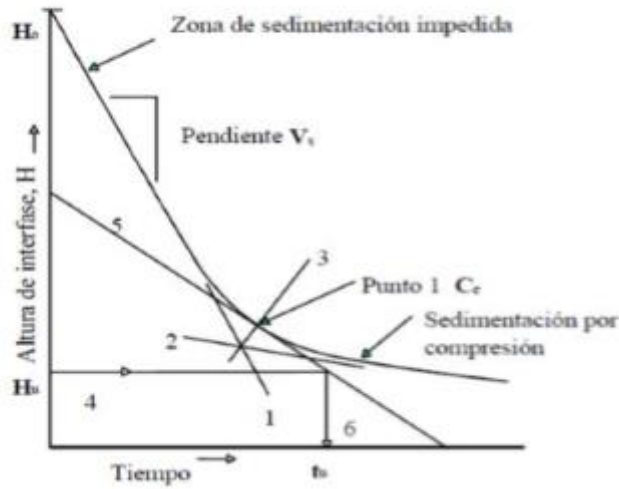
Q : caudal de agua tratada

A_1 : área de sedimentación

El valor de V_p se puede calcular a partir de la pendiente de línea 1, pendiente de la zona de decantación frenada, representada en la figura 7-6. M.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ilustración 7-7.M. Altura de la interfase frente al tiempo. Método gráfico de Talmadge & Fitch



Área de compresión frenada (A_2)

Talmadge y Fitch (1955) también han indicado que la capacidad de espesamiento puede determinarse por consideración de las características de sedimentación en un experimento discontinuo para las suspensiones concentradas. Ellos han indicado que se obtiene un espesamiento adecuado, cuando el área se calcula según la siguiente ecuación.

$$A_2 = \frac{Q}{v_c} = \frac{Q}{\frac{H_0}{t_u}} = \frac{Q \cdot t_u}{H_0} \quad (7.2)$$

Siendo:

t_u : tiempo requerido para alcanzar una concentración de fangos deseada (C_u) y se puede determinar a partir de los ensayos discontinuos de decantación

H_0 : altura inicial de la interfase en los ensayos discontinuos de decantación

Para determinar el valor de A_2 se debe conocer el valor de t_u , dicho valor se puede determinar a partir de H_u .

$$H_u = \frac{C_o \cdot H_o}{C_u} \quad (7.3)$$

H_u : altura a la que se encuentran todos los sólidos de la suspensión en el tiempo t_u

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

La altura H_u gráficamente, debe situarse en un punto que esté situado sobre el tramo de pendiente casi horizontal en la zona de compresión, figura 7-6. M.

El diseño del área requerida para la zona de compresión es función de la concentración de fango deseado (C_u) que es el parámetro de diseño que debe fijarse. Por otra parte, existe una concentración crítica que dará un área requerida máxima. Esta concentración crítica debe ser la base para el diseño

Eckenfelder y Milbinger (1957) han indicado que la estimación de esta concentración crítica y del valor de t_u pueden obtenerse a partir de la representación de $H=f(t)$

- En la gráfica 7-6. M., por medio de la bisectriz (línea 3) del ángulo formado por las tangentes a las zonas de decantación frenada (línea 1), y la de compresión (línea 2) correspondientes a la curva altura de la interfase en función del tiempo. El punto de intersección de la bisectriz con la curva es representativo de la concentración crítica, C_c (punto 1).
- El valor de t_u se estima trazando una línea paralela al eje horizontal (línea 4) y pasando por el punto de concentración de fangos deseada, C_u . El valor de t_u se obtiene por la intersección de la línea horizontal (línea 4) con una línea tangente a la curva en el punto 1 (línea 5), trazando una línea paralela al eje de coordenadas en el punto de intersección (línea 6)

7.6. Laboratorio de control

NPC cuenta con un laboratorio de control de producción, con el fin de evitar la construcción de un laboratorio de control para la EDAR se utilizará el laboratorio de control de NPC.

Las principales características que se desean controlar son las siguientes:

- Cantidad de cloruros presentes en el agua
- Cantidad de sulfatos presentes en el agua
- Dureza cálcica del agua, expresada como ppm de carbonatos presentes en el agua
- pH del agua

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Conductividad del agua
- Sólidos en suspensión
- Cantidad de magnesio
- Sólidos sedimentables

El control de las características será más exhaustivo los primeros días de funcionamiento, si todo funciona correctamente se ampliará el tiempo de control de las características.

Para medir la cantidad de cloruros, sulfatos, magnesio, dureza cálcica y sólidos en suspensión y se utilizará un fotómetro multifunción. El equipo elegido es el de la siguiente imagen.

Ilustración 7-8. Fotómetro multifunción



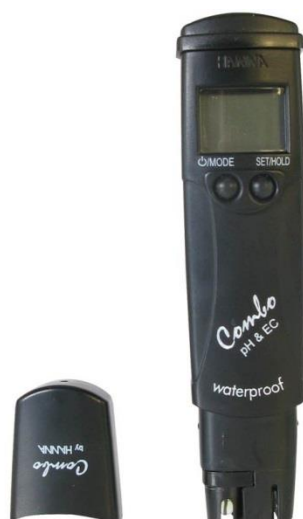
Este equipo permite medir diferentes parámetros, entre los cuales:

- la dureza cálcica HR, en un intervalo de 50 a 1000 mg/l
- sulfatos en un intervalo de 5 a 100 mg/l.
- cloruros, de 0,5 a 25 mg/l.
- magnesio, 0-100 mg/l
- sólidos en suspensión, 0-750 mg/l

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Para cada caso se utilizará un reactivo en forma de pastillas (excepto sólidos en suspensión), que viene proporcionado por el fabricante. Las medidas se van a realizar en cubetas de 10 ml, que forman parte del equipo básico del fotómetro.

Ilustración 7-9. Combo, pH & EC



Para medir el pH y la conductividad eléctrica se utilizará un medidor de pH y conductividad eléctrica, que se puede observar en la siguiente imagen.

El rango del pH del equipo varía de 0 a 14 y la conductividad eléctrica de 0 a 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para medir los sólidos sedimentables se utilizará un cono Imhoff.

8 Resultados finales

En este apartado se van a comentar los equipos que se consideran imprescindibles para la construcción de la depuradora industrial.

8.1. Agitador depósito de homogeneización y depósito mezcla de aguas

Tanto en la balsa de homogeneización, como en el depósito en el que se mezclará el agua tratada con el agua de pozo se instalará un agitador sumergible que garantizará la homogeneización correcta del agua.

Se ha elegido el modelo AGS 190-3SHX/2,3 fabricado por Timsa.

Las características del agitador son las siguientes:

RPM: 1350 rpm

Diámetro hélice: 0,197 m

Potencia del motor: 1,7kW

Material utilizado: Inox AISI 316L

Según los cálculos realizados, que se pueden encontrar en los Anexos, la potencia mínima para garantizar un mezclado correcto es de 1,2 kW.

Se ha utilizado el mismo agitador para ambos casos para evitar comprar múltiples equipos de reserva.

Se comprará un agitador para cada depósito y uno de reserva. Hay dos depósitos de homogeneización y uno para la mezcla del agua tratada con el agua de pozo. Por lo tanto, se van a comprar 4 agitadores AGS 190-3SHX/2,3.

8.2. Tamices

Para eliminar los sólidos más gruesos se van a utilizar tres tamices.

Los primeros dos, con una luz de paso de malla más grande, se utilizarán al descargar el agua residual, aportado por camiones cisterna, en los depósitos de inspección del agua.

El agua se hace pasar por estos tamices para eliminar los sólidos más gruesos.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Desde los depósitos de inspección del agua residual se bombeará el agua hasta el depósito de homogeneización, pasando por un tamiz con una luz de paso de malla más fina. Se utilizará un solo tamiz para ambos depósitos ya que el caudal del tamiz lo permite.

Se ha decidido utilizar un tamiz estático para cada caso debido a las siguientes ventajas:

- Permite una separación rápida, sin consumo de energía
- Ausencia casi absoluta de mantenimiento debido a su diseño.
- Fácil transporte de los sólidos, ya que salen escurridos.

Para los dos tamices con luz de paso más alto se ha elegido el modelo H1000/304, fabricado por Filtec.

Para el tamiz más fino se ha elegido el modelo H1500/304, fabricado por Filtec.

Para el primer caso las características del equipo son las siguientes:

- Luz de paso de malla: 2 mm.
- Caudal máximo: 150 m³/h
- Dimensiones: alto 1960 mm, ancho 1060 mm, profundidad 1300mm.

Para este primer caso se van a comprar dos equipos (uno para cada depósito de recepción). Se evita utilizar un mismo tamiz para ambos depósitos para agilizar el proceso de descarga del agua residual.

Para el segundo caso las características del equipo son las siguientes:

- Luz de paso de malla 0,25 mm.
- Caudal máximo 90 m³/h
- Dimensiones: alto 1960 mm, ancho 1560 mm, profundidad 1300mm.

Para el segundo caso se comprará solamente un equipo.

8.3. Reactivos

Coagulante

Se utilizará FeCl_3 con una pureza de 20%, se opta por dosificarlo en línea, se van a utilizar 0,5 gramos de coagulante por litro de agua residual. El consumo de coagulante en un año llegará a 119500 kg. Los cálculos correspondientes al uso de coagulante se pueden encontrar en los Anexos.

Para dosificar el coagulante se utilizará un depósito cilíndrico con una capacidad de 300 litros fabricado con poliéster reforzado con fibra de vidrio, manufacturado por la empresa Filtec. Para elegir la dimensión del tanque se ha tomado como base de cálculo un día de funcionamiento de la planta.

Hidróxido de sodio (Neutralizante)

Los coagulantes se hidrolizan dando lugar a ácidos fuertes (disminuye el pH del agua) impidiendo que los cationes precipiten en forma de hidróxidos. Para prevenir este efecto se debe utilizar una sustancia que neutralice su efecto, se utilizará hidróxido de sodio.

Para neutralizar 1ml de FeCl_3 al 20% se requieren aproximadamente 4,9 ml de NaOH 1N. Utilizando este valor y los resultados obtenidos en el subapartado anterior se obtienen lo siguiente:

- En un año se van a consumir 19762,4 kilogramos de hidróxido de sodio.
- El coste total en un año para la compra de hidróxido de sodio asciende a 11857,44€.

Para dosificar el neutralizante se utilizará un depósito cilíndrico con una capacidad de 2000 litros fabricado con poliéster reforzado con fibra de vidrio, manufacturado por la empresa Filtec

Floculante

Como se ha elegido utilizar una concentración más alta (0,5%), para preparar la disolución, se utilizará 1ml de floculante para cada litro de agua residual. El consumo de floculante en una concentración al 0,5% es de 219000 litros/año y el consumo de poliacrilamida catiónica 876kg/año. Los cálculos justificativos para el floculante se pueden encontrar en los Anexos.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Para dosificar el floculante se utilizará un depósito cilíndrico con una capacidad de 1000 litros fabricado con poliéster reforzado con fibra de vidrio, manufacturado por la empresa Filtec

8.4. Reactores de coagulación y floculación

El modelo de reactor elegido es el del reactor continuo de tanque agitado.

Como se ha decidido utilizar cloruro férrico como coagulante, además de los reactores de coagulación y floculación se debe instalar un tercer reactor en el que se administrará NaOH para neutralizar el cloruro férrico.

El volumen de los tres reactores se calculará de acuerdo con los siguientes datos:

Caudal (Q): 30m³/h

Tiempo de residencia: 3 minutos

Factor de seguridad: 2

El caudal es el establecido anteriormente como capacidad de producción de la depuradora, el tiempo de residencia viene definido por el tiempo requerido para que se realice correctamente la floculación. Por último, un factor de seguridad “2” se ha considerado adecuado.

Por lo tanto, aplicando la siguiente ecuación se obtiene el volumen de los tanques.

$$V = Q * T_r * F_s \rightarrow V = 3m^3$$

Por último, se debe mencionar que la velocidad de agitación no será igual para los tres reactores.

En los reactores de coagulación y neutralización, como la etapa controlante es la dispersión del reactivo en el agua la velocidad de agitación puede ser más alta, una agitación de 150-200 sería conveniente.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

En la etapa de floculación la agitación debe ser significativamente más lenta, con el fin de evitar la rotura de flóculos formados. En este caso resulta conveniente una agitación de 30-60 rpm

Para realizar la agitación se ha elegido el mismo modelo de agitador que funcionará a diferentes velocidades, VPP3-06 03B 03 fabricado, por FluidMix.

Las características del agitador son las siguientes:

RPM: 309 rpm

Diámetro hélice: 0,35 m

Potencia del motor: 1,1kW

Materiales utilizados: Inox AISI 316 y PVC

Según los cálculos realizados, que se pueden encontrar en los Anexos, la potencia mínima para garantizar un mezclado correcto es de.

8.5. Bombas

Dependiendo de la zona de proceso se van a utilizar diferentes bombas.

Para impulsar el agua desde los **depósitos de recepción del agua** (inspección) hasta el segundo tamiz (el tamiz más fino) y después al depósito de homogeneización se ha decidido utilizar bombas (una para cada depósito) con una capacidad de 64 m³/h para bombear el agua lo más rápido posible al depósito de homogeneización, ya que los depósitos de inspección del agua tienen una capacidad de almacenamiento de agua reducida (30m³). Se ha elegido el modelo PZ-80L-20/2, fabricado por SAER, con las siguientes características:

Caudal: 64 m³/h a una altura manométrica de 10m

Potencia: 5.6 kW

Las bombas están construidas en fundición perlítica GG25. Se van a comprar dos bombas una funcionando y otra de reserva en caso de fallo de la bomba que estará funcionando.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Se volverá a utilizar una bomba de este tamaño para impulsar el agua desde el **segundo tamiz (tamiz fino) hasta el depósito de homogeneización**. En este caso no hace falta comprar otra bomba de reserva, porque en caso de fallo se puede utilizar la reserva de los depósitos de recepción del agua.

Como resultado se deben comprar cuatro bombas PZ-80L-20/2.

Para impulsar el agua desde el **depósito de homogeneización** hasta el reactor de coagulante se requiere una bomba con una capacidad mínima de 30 m³/h. Se ha elegido el modelo de bomba PZ-62-20/4, fabricada por SAER. Las características de la bomba son los siguientes:

Caudal: 30 m³/h a una altura manométrica de 42m

Potencia: 7,5 kW

La bomba es construida en fundición perlítica GG25. Como se han construido dos depósitos de homogeneización con el fin de minimizar consumo eléctrico se van a comprar tres bombas de este tipo, dos funcionando y una de reserva.

Para impulsar el **agua de pozo** hasta el depósito de mezcla se requiere una bomba con una capacidad mínima de 25 m³/h. Se ha elegido el modelo de bomba PZ-63-20/10, fabricada por SAER. Las características de la bomba son los siguientes:

Caudal: 30 m³/h a una altura manométrica de 107 m

Potencia: 14,9 kW

La bomba es construida en fundición perlítica GG25. Se van a comprar dos bombas una funcionando y otra de reserva en caso de fallo de la bomba que estará funcionado.

Para impulsar el **agua que se utilizará en la planta de atomizado**, del depósito de mezcla de aguas, se requiere una bomba con una capacidad mínima de 50 m³/h. Se ha elegido el modelo de bomba PZ-80L-20/2, fabricada por SAER. Las características de la bomba son los siguientes:

Caudal: 54 m³/h a una altura manométrica de 18m

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Potencia: 5,6 kW

Se comprará un solo equipo ya que se dispone de una reserva para esta bomba.

Para la dosificación de coagulante se requiere una bomba con una capacidad mínima de 14 l/h. Se ha elegido una bomba dosificadora de diafragma accionada por solenoide de la marca Jesco. La marca de bombas Jesco también se utilizará para dosificar neutralizante y floculante debido a diferentes ventajas que aporta, como:

- Economía de espacio
- Mínimo mantenimiento
- Bajo coste
- Consumo reducido
- Alta resistencia química en todas sus partes en contacto con el fluido bombeado

Para el **coagulante** se ha elegido el modelo Magdos DE/DX 20, es una bomba dosificadora de diafragma accionada por un motor solenoide, sus características son las siguientes:

- Caudal: 20,2 l/h
- Potencia del motor: 0,07 kW

Para el **hidróxido de sodio** hace falta una bomba dosificadora con un caudal mínimo de 68 l/h, el modelo elegido es Minidos E72, es una bomba dosificadora de diafragma accionada por un motor eléctrico, con las siguientes características:

Caudal: 80 l/h

Potencia del motor: 0,05 kW

Para el **floculante** se requiere una bomba dosificadora con una capacidad mínima de 30 l/h, se ha elegido el modelo Minidos A40, es una bomba dosificadora de diafragma accionada por un motor eléctrico, sus características son las siguientes:

Caudal: 39 l/h

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Potencia del motor: 0,05 kW

Las bombas dosificadoras Jesco se fabrican con materiales resistentes a la acción química: PVC y FPM. Para cada caso de bomba dosificadora se van a comprar dos unidades, una funcionando y otra de reserva.

8.6. Depósitos de almacenamiento del agua

Se van a construir 6 depósitos para almacenar agua tratada y agua residual, los depósitos contruidos son:

- Depósitos de inspección del agua residual x2
- Depósito de homogeneización x2
- Depósito de agua tratada
- Depósito para la mezcla del agua tratada con agua de pozo

Las dimensiones de los depósitos son las siguientes:

Para calcular el coste que supone su construcción se han utilizado estimaciones proporcionados por el colegio de ingenieros industriales de la Comunidad Valenciana.

El coste del m^3 para la construcción del depósito en superficie o enterrado hasta 500 m^3 es de: 164,59 €/m³.

El coste del m^3 para la construcción del depósito en superficie o enterrado con más de 500 m^3 es de: 132,2 €/m³.

Depósitos para la inspección del agua residual

Se ha decido construir dos depósitos de tamaño reducido cuyo objetivo reside en identificar si las propiedades del agua residual aportada por los proveedores son adecuadas (no deben contener aceites, grasas o densidades muy altas).

Longitud: 5 m

Anchura: 2 m

Profundidad: 6 m

Volumen: 30 m^3 x2 (el volumen de cada depósito es de 30 m^3 , para un total de 60 m^3)

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Depósito de homogeneización

En este caso se han construido dos depósitos con el fin de reducir el consumo eléctrico del agitador. En general se utilizará solamente un depósito y se hará uso del otro depósito solamente en casos especiales.

Longitud: 9 m

Anchura: 5 m

Profundidad: 8m

Volumen: $360 \text{ m}^3 \times 2$

Depósito de agua tratada

Este depósito sirve para almacenar agua tratada y como la mezcla con el agua de pozo no se realiza en este tanque se ha decidido construir un depósito de mayor tamaño con el fin de minimizar costes de construcción.

Longitud: 3,5m

Anchura: 3m

Profundidad: 5m

Volumen: 720 m^3

Depósito para la mezcla del agua tratada con agua de pozo

Es el depósito donde se realiza la mezcla del agua tratada con agua de pozo, la mezcla de las dos aguas es enviada a la planta de atomizado donde se utilizará como agua de proceso y de limpieza de las maquinas.

Longitud: 10 m

Anchura: 2,5 m

Profundidad: 6 m

Volumen: 150 m^3

8.7. Sedimentador

Para el proceso de sedimentación se utilizará un sedimentador de lodos por gravedad.

Según los cálculos realizados el área de compresión es la más alta de los dos, con un valor de $14,05 \text{ m}^2$. Se ha elegido un factor de seguridad $n=2,5$, como resultado de esta elección se obtiene un área de diseño de $35,12 \text{ m}^2$, el diámetro del sedimentador requerido es de 6,69m. La profundidad del tanque se establece por criterios prácticos y suele oscilar entre 2 y 4m, en este caso será la elegida por el fabricante.

Se ha decidido utilizar el modelo NZSG-7, fabricado por Xinhai, que satisface los parámetros anteriormente indicados. Sus características son las siguientes:

Diámetro del espesor: 7m

Profundidad: 3m

Área de sedimentación: $38,5 \text{ m}^2$

Potencia del motor: 2,2 kW

Otro factor que se debería tener en cuenta es el peso muy alto del equipo, con un valor total de 13,9 toneladas.

8.8. Filtro Prensa

El Filtro Prensa es uno de los medios más eficientes de separación líquido/sólido a través de filtración a presión; tanto para filtración de soluciones como para reducción de volumen de lodos. Brinda un método simple y confiable de alta presión de compactación para comprimir y deshidratar sólidos en tortas de 25-60% de concentración total, produciendo soluciones filtradas más claras que sistemas que sólo remueven el agua libre.

En los cálculos justificativos se ha calculado el caudal de agua que desborda por la parte superior y el caudal de la suspensión concentrada, por lo tanto se debe instalar un filtro prensa con una capacidad de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Se utilizará el modelo 1500 filter press producido por M.W. WATERMARK.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Capacidad: 2,8 a 7,8 m³

Potencia: 4kW

Dimensiones de la placa: 1500*1500 mm

Modo de funcionamiento: manual, semiautomático, automático.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

9 Planificación

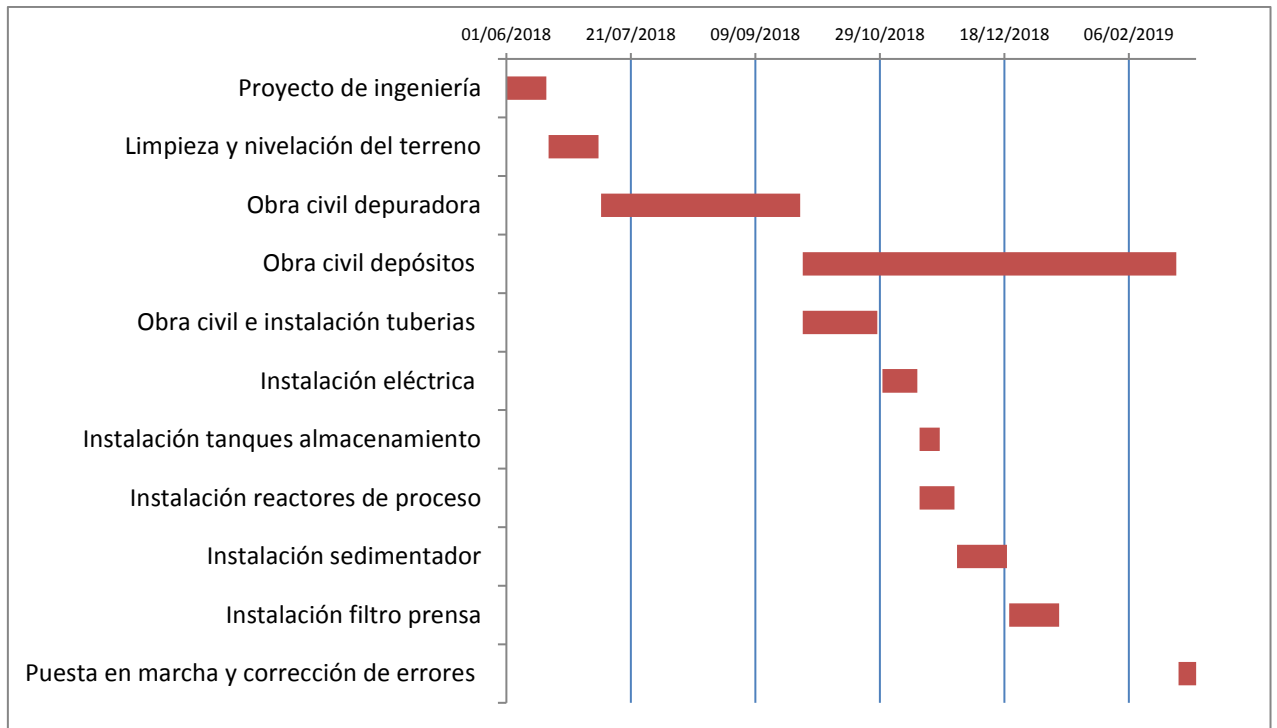
En este apartado se presentará la planificación de la ejecución del proyecto, utilizando un diagrama de Gantt. Las diferentes actividades y su duración se pueden visualizar en la tabla 9-1.M y a continuación (Ilustración 9-1. M.) se puede visualizar el diagrama de Gantt.

Tabla 9-1.M. Tipo de actividad y duración

Nombre actividad	Fecha inicio	Duración en días	Fecha fin
Proyecto de ingeniería	01/06/2018	16	17/06/2018
Limpieza y nivelación del terreno	18/06/2018	20	08/07/2018
Obra civil depuradora	09/07/2018	80	27/09/2018
Obra civil depósitos	28/09/2018	150	25/02/2019
Obra civil e instalación tuberías	28/09/2018	30	28/10/2018
Instalación eléctrica	30/10/2018	14	13/11/2018
Instalación tanques almacenamiento	14/11/2018	8	22/11/2018
Instalación reactores de proceso	14/11/2018	14	28/11/2018
Instalación sedimentador	29/11/2018	20	19/12/2018
Instalación filtro prensa	20/12/2018	20	09/01/2019
Puesta en marcha y corrección de errores	26/02/2019	7	05/03/2019

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ilustración 9-1.M. Diagrama Gantt



Se ha estimado una duración total de 278 días con una jornada laboral de 8 horas

10 Estudio de viabilidad económica

A continuación, se realizará el estudio económico del proyecto, primeramente, se va a determinar el coste de la inversión inicial correspondiente a la construcción de la depuradora, después se realizará un análisis de explotación y finalmente, empleando fórmulas de estudio financiero, se determinará la rentabilidad del proyecto propuesto.

10.1. Inversión inicial

En la inversión inicial se incluyen todos aquellos componentes que forman los costes fijos de la depuradora, son los recursos económicos necesarios para que la planta entre en funcionamiento. Estos elementos no dependen de la producción.

El primer paso consiste en comprar el terreno donde se quiere construir la depuradora, la superficie necesaria para la construcción de la depuradora es de 900 m². La superficie se ha calculado a partir del espacio necesario para instalar cada elemento de la depuradora. A partir de un coste medio para el suelo industrial en Villafamés se obtiene el coste total del terreno.

10-1.M. Coste del terreno

Superficie del terreno (m ²)	Coste del m ² (€/m ²)	Coste total del terreno
900	150	135000

Para calcular el coste que supone la inversión de la obra civil se van a utilizar estimaciones proporcionadas por el Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de la Comunidad Valenciana (IICV). La inversión total correspondiente a la obra civil se puede encontrar en la tabla 10.2M.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 10-2.M. Inversión correspondiente a la obra civil

Elemento	Unidad	N.º unidades	Precio por unidad (€)	Coste (€)
Superficie total de la planta	m ²	900	77	69300
Depósito agua tratada	m ³	720	132,2	95184
Depósito homogeneización nº1	m ³	360	164,59	59252,4
Depósito homogeneización nº2	m ³	360	164,59	59252,4
Depósito para la inspección del agua nº1	m ³	30	164,59	4937,7
Depósito para la inspección del agua nº2	m ³	30	164,59	4937,7
Depósito mezcla del agua tratada	m ³	150	164,59	24688,5
Coste total obra civil				317552,7

En la siguiente tabla se encuentra la inversión correspondiente a los equipos utilizados en la planta depuradora.

Tabla 10-3.M. Inversión correspondiente a los equipos

Elemento	Uds.	Coste Ud. (€)	Coste total (€)
Bombas para impulsar agua del depósito de inspección al segundo tamiz	4	2100	8400
Bomba para impulsar agua de pozo	2	2988	5976
Agitador del depósito agua tratada-agua pozo	1	3100	3100
Bomba del depósito de homogeneización	3	1950	5850
Bomba para impulsar el agua a la planta de atomizado	1	2100	2100
Agitador depósito homogeneización	3	3100	9300
Tamiz grueso	2	9470	18940
Tamiz fino	1	12035	12035
Reactor coagulante	1	946,22	946,22
Tanque almacenamiento coagulante	1	539	539
Agitador tanque coagulante	1	750	750
Reactor NaOH	1	946,22	946,22
Tanque de almacenamiento NaoH	1	150	150
Agitador tanque neutralizante	1	750	750
Reactor floculante	1	946,22	946,22
Agitador tanque floculante	2	750	1500

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Espesador de lodos	1	37250	37250
Filtro prensa	1	80000	80000
Bomba dosificadora coagulante	2	1055,67	2111,34
Bomba dosificadora floculante	2	1580,85	3161,7
Bomba dosificadora NaOH	2	2205,86	4411,72
fotómetro multifunción	2	600	1200
Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester	2	157,7	315,4
densímetro SG-1000C	2	2250,9	4501,8
Coste total equipos		205180,62	
Montaje de los equipos (15% del coste)		30777,09	
Coste total		235957,71	

En la tabla 10-4.M se exponen los siguientes conceptos que forman parte de la inversión inicial. Estos costes son atribuidos a la tubería y los diferentes elementos relacionados

Tabla 10-4.M. Tubería y elementos relacionados

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio por unidad (€)	Mano de obra por unidad	Costes directos complementarios por unidad	Total (€)
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	44,72	21,87	4,88	0,54	1220,40
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 75 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 5,5 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	82,9	72,64	7	1,59	6733,96
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 90 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 6,6 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	11,31	97,12	7,63	2,1	1208,47

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 110 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 8,1 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	7,28	136,4	8,36	2,9	1074,96
canaletas PVC 200	m	16,3	24,96	5,57	0,5	505,78
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 40 mm	Ud.	3	104,75	23,05	2,1	389,7
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 90 mm	Ud.	2	172,93	38,05	3,46	428,88
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 110 mm	Ud.	3	227,85	50,13	4,56	847,62
Caudalímetro Siemens 40 mm	Ud.	3	898,58	179,7	17,97	3288,75
Caudalímetro Zenner 80 mm	Ud.	1	675	135	14,85	824,85
Caudalímetro Zenner 100 mm	Ud.	3	737	147,4	16,21	2701,83
Juego de contrabridas para contadores de agua 40 mm	Ud.	3	65	13	1,43	238,29
Juego de contrabridas para contadores de agua 80 mm	Ud.	1	95	19	2,09	116,09
Juego de contrabridas para contadores de agua 100 mm	Ud.	3	100	20	2,2	366,6
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 150 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 11,1 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	Ud.	70	157,16	9,82	4,3	11989,6
Total						31935,81

La inversión correspondiente a las instalaciones también forma parte de la inversión inicial, en la tabla 10-5.M se puede encontrar el importe correspondiente a cada tipo de instalación.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 10-5.M. Coste instalaciones

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
Instalación eléctrica (alumbrado, equipos de control)	m ²	900	15	13500
Instalación antiincendios	m ²	900	18,5	16650
Instalación eléctrica equipos	kW	52,07	245	12757,2
Coste total instalaciones				42907,2

Para calcular la inversión inicial, además de los costes anteriores, se deben incluir los siguientes costes:

- Estudio de seguridad y salud
- Gestión de residuos
- Pruebas de funcionamiento

Más información sobre dichos costes se puede encontrar en el documento 7, Presupuesto.

A partir de la tabla 10-6.M (presupuesto de ejecución material) se obtiene la tabla 10-7.M. que corresponde al presupuesto de ejecución por contrata y presupuesto total. El coste total de los elementos (presupuesto total), obtenido al final de la tabla 10-7.M, es el correspondiente a la inversión inicial de la EDAR.

Tabla 10-6.M. Presupuesto de Ejecución Material

Presupuesto	Coste (€)	Porcentaje (%)
Terreno	135000	15,38%
Obra civil	317552,7	36,18%
Equipos	235957,71	26,89%
Tubería	32345,435	3,69%
Instalaciones	42907,15	4,89%
Seguridad y Salud	7938,8175	0,90%
Gestión de residuos	9526,581	1,09%
Pruebas de funcionamiento	2359,5771	0,27%
Licencias	94030,557	10,71%
Total	877618,53	100,00%

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 10-7.M Inversión inicial del proyecto

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
PEM	€	-	-	877619
Gastos Generales	%	13	877618,5308	114090
Beneficio Industrial	%	6	877618,5308	52657,1
Total				1044366
Elemento	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
PEC	€	-	-	1044366
IVA	%	21	1044366,052	219316,9
Total				1263683

Después de incluir los costes de todos los componentes que forman la EDAR y los costes adicionales para que la planta entre en funcionamiento se obtiene una inversión inicial de **1263683 €**.

10.2. Presupuesto de explotación

En el presupuesto de explotación se incluyen todos los gastos que la empresa tiene durante un año de funcionamiento. Se divide en dos categorías:

- Gastos directos
- Gastos indirectos

10.2.1. Gastos directos

También llamados gastos variables, son los gastos que dependen de la producción. En esta categoría entran todos los elementos que se ven afectados directamente por la producción: productos químicos, energía eléctrica.

El coste de la energía eléctrica en las industrias es variable al largo del año, por tanto, se realiza un promedio y se utiliza un coste de 0,09 €/kWh. Para calcular el coste eléctrico anual se utilizará una tabla donde se presenta el consumo eléctrico de cada equipo.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 10-8.M. Coste energía eléctrica equipos

Equipo	Potencia (kW)	Coste (€/kWh)	Horas de funcionamiento al día (h)	Total (€/año)
Bomba depósito de homogenización	7,5	0,09	20	4927,5
Bomba tamiz fino	3,5	0,09	20	2299,5
Bomba depósito de mezcla-planta atomizado	5,6	0,09	24	4415,04
Bomba agua de pozo	14,9	0,09	20	9789,3
Bombas depósitos de inspección del agua	7,5	0,09	20	4927,5
Agitador depósito de mezclado	1,7	0,09	24	1116,9
Agitador depósito homogeneización	1,7	0,09	20	1116,9
Agitador tanque coagulante	1,1	0,09	20	722,7
Agitador tanque neutralizante	1,1	0,09	20	722,7
Agitador tanque floculante	1,1	0,09	20	722,7
Espesador de lodos	2,2	0,09	20	1445,4
Filtro prensa	4	0,09	20	2628
Bomba dosificadora coagulante	0,07	0,09	20	45,99
Bomba dosificadora floculante	0,05	0,09	20	32,85
Bomba dosificadora NaOH	0,05	0,09	20	32,85
Total (€/año)			34945,83	

Para obtener el coste total de cada equipo se debe tener en cuenta que la mayoría de los equipos funcionan 20 horas al día durante 365 días. Aunque no es el caso para todos los equipos, ya que algunos equipos se pueden parar por varios minutos para que se enfríen ligeramente, de este modo aumentar su tiempo de vida. Es decir, el total las horas de funcionamiento real será diferente del que se muestran en la tabla (p.ej. el tiempo de funcionamiento del agitador y la bomba del último depósito no será realmente de 24 horas al día durante 7 días, van a existir intervalos de tiempos en que se van a parar temporalmente).

Para obtener el coste atribuido al consumo de productos químicos se vuelve a utilizar una tabla donde se presenta el coste anual de cada producto químico y el de la energía eléctrica. Los cálculos necesarios para justificar el coste obtenido, para los productos químicos, se encuentran en los “Cálculos Justificativos” del documento “Anexos”.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Además, se incluyen las tasas atribuidas a la extracción de agua de pozo y la gestión de lodos, ya que también son actividades relacionadas directamente con la producción.

Tabla 10-9.M. Gastos directos

Tipo de gasto	Coste (€)
Energía eléctrica	34945,8
Coagulante	12045
NaOH	11857,4
Floculante	3504
Tasas para el agua de pozo	131400
Gestión de lodos	39420
Gastos directos	233172

10.2.2. Gastos indirectos

También llamados gastos fijos, son los gastos que no dependen directamente de la producción. Los principales gastos de esta categoría son atribuidos al personal y a las amortizaciones: de los equipos, obra civil, instalaciones.

Los costes atribuidos al personal se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla 10-10.M. Coste del personal

Personal	Unidades	Salario (€/año)	SS (€/año)	Total (€/año)
Jefe de planta	1	23105	8087	31192
Operario	3	18000	6300	72900
Total				104092

El jefe de planta trabajará 8 horas a la semana durante 5 días para un total de 40 horas a la semana.

Los operarios trabajarán de la siguiente forma:

Un operario trabajará 32 horas a la semana y los otros dos 44 horas, en turnos de 8 horas de lunes a viernes y 10 los fines de semana. Cada semana se cambiará el operario que trabaja 32 horas. La siguiente imagen sirve como ejemplo de la decisión adoptado.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ilustración 10-1. Horario de trabajo de cada operario

día	mañana	tarde	
L	8	8	operario 1
M	8	8	operario 2
M	8	8	operario 3
J	8	8	
V	8	8	
S	10	10	
D	10	10	

El jefe de planta será responsable de la gestión de las aguas de entrada y salida de la EDAR

Los operarios serán responsables de medir los parámetros de entrada y salida del agua y del mantenimiento de la planta depuradora.

También se incluyen algunos gastos adicionales como el material de oficina, laboratorio y teléfono. El coste atribuido a la limpieza de la planta se ha incluido en la tabla “Coste del personal”.

Tabla 10-11.M. Gastos adicionales

Tipo	Coste (€/año)
Material oficina y laboratorio	2000
Teléfono	500

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Por último, como gasto indirecto se debe incluir el coste anual de las amortizaciones.

Tabla 10-12.M. Amortizaciones

Elemento	Periodo de amortización	Coste total del elemento(s)	Amortización por año
Obra civil	30	317552,7	10585,09
Bomba para impulsar agua de pozo	10	5976	597,6
Bombas depósito homogeneización	10	5850	585
Bombas para impulsar agua del depósito de inspección al segundo tamiz	10	8400	840
Agitador del depósito agua tratada-agua pozo	10	3100	310
Agitador depósito homogeneización	10	9300	930
Bomba para impulsar el agua a la planta de atomizado	10	2100	210
Tamices	10	30975	3097,5
Reactor coagulante	10	946,22	94,62
Tanque almacenamiento coagulante	10	539	53,9
Agitador tanque coagulante	10	750	75
Reactor NaOH	10	946,22	94,62
Tanque almacenamiento NaOH	10	150	15
Agitador tanque neutralizante	10	750	75
Reactor floculante	10	946,22	94,62
Agitador tanque floculación	10	750	75
Tanque almacenamiento floculante	10	207	20,7
Espesador de lodos	10	37250	3725
Filtro prensa	10	80000	8000
Bomba dosificadora coagulante	10	500	50
Bomba dosificadora floculante	10	500	50
fotómetro multifunción	10	1200	120
Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester	10	315,4	31,54
Instalación de los equipos	10	27539,223	2753,92
densímetro SG-1000C	10	4501,8	450,18
Tubería y elementos relacionados	10	32345,4353	3234,54
Coste anual			36168,84
			142760,8
Coste total gastos indirectos			(personal + gastos adicionales+ amortizaciones)

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

10.2.3. Gastos totales

Los gastos totales se obtienen a partir de la suma de gastos directos e indirectos. El coste total asciende a 375933,07 €/año.

Tabla 10-13.M. Gastos totales

Tipo	Coste (€/año)
Gastos directos	233172,27
Gastos indirectos	142760,8
Gastos totales	375933,07

A partir de los gastos totales y la cantidad de agua producida en un año, se puede obtener el coste de producción de un m³ de agua tratada. Aunque para este cálculo no se tienen en cuenta las tasas de agua de pozo, ya que no corresponden al coste de producción de agua tratada.

$$(375933,07 - 131400) \frac{\text{€}}{\text{año}} * \frac{\text{año}}{219000 \text{ m}^3} = 1,12 \frac{\text{€}}{\text{m}^3}$$

10.3. Beneficio

Aunque la EDAR pertenecerá a EUROATOMIZADO, con el fin de realizar el estudio económico se considerará a la EDAR, en este apartado, como una empresa independiente.

En el subapartado “Gastos totales” se ha obtenido el coste de producción de un m³ de agua tratada, se obtiene un coste de 1,12 €/m³.

Para calcular el beneficio se debe estimar un precio de venta del agua. Se ha considerado un precio de venta adecuado de 1,5 €/m³.

Además, se debe tener en cuenta el beneficio obtenido por el agua de pozo, la EDAR paga 0,6 €/m³ en tasas para extraer agua subterránea y la vende a 0,65 €/m³.

Los ingresos que la depuradora tiene en el primer año de funcionamiento son de:

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$\begin{aligned} \text{Ingresos relacionados con el agua tratada en la EDAR} &\rightarrow 219000 \frac{m^3}{\text{año}} \cdot 1,5 \frac{\text{€}}{m^3} \\ &= 328500 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

Ingresos relacionados con el agua de pozo

$$219000 \frac{m^3}{\text{año}} \cdot 0,65 \frac{\text{€}}{m^3} = 142350 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

$$\text{Los ingresos totales ascienden a: } 470850 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

El beneficio bruto es la diferencia entre los ingresos totales obtenidos y los gastos totales, el beneficio bruto en el primer año es de:

$$470850 \frac{\text{€}}{\text{año}} - 375933,07 \frac{\text{€}}{\text{año}} = 94916,93 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Restando un 25% del beneficio bruto, correspondiente a los impuestos sobre sociedades, se obtiene el beneficio neto obtenido en el primer año.

$$94916,93 \frac{\text{€}}{\text{año}} \cdot 0,75 = 71187,7 \text{ €/año}$$

10.4. Estudio financiero

Antes de realizar estudios financieros como el VAN y TIR, que nos van a ayudar a comprobar la rentabilidad del proyecto, se deben introducir algunos conceptos.

El primer concepto a introducir es el flujo de caja (cash flow), representa la cantidad de dinero que la empresa es capaz de generar en un año. Se calcula sumando las amortizaciones al beneficio neto.

$$FC = \text{beneficio neto} + \text{amortizaciones}$$

El periodo de vida previsto para el proyecto es muy alto, además el valor del producto (agua tratada, para uso industrial) no es muy alto, a partir de esos conceptos se ha decidido realizar un estudio financiero a 17 años.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

VAN

El Valor Actual Neto es una fórmula de carácter económico que nos permite calcular la rentabilidad de nuestro proyecto. Si se dispone de múltiples opciones el VAN también permite ver cuál es la mejor, en términos absolutos. Una vez calculado el VAN se obtiene uno de los siguientes resultados:

$VAN > 0$: para el periodo de tiempo en el que se ha realizado el estudio el proyecto es rentable

$VAN = 0$: para el periodo de tiempo en el que se ha realizado el estudio el proyecto el proyecto no generará ni beneficios ni pérdidas.

$VAN < 0$: para el periodo de tiempo en el que se ha realizado el estudio el proyecto no es rentable

Para que un proyecto se pueda realizar, en la gran mayoría de los casos, debe ser rentable, es decir el VAN debe ser superior a cero.

La fórmula que permite calcular el VAN es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=17} \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

La siguiente fórmula se utiliza para calcular i_r

$$i_r = \frac{i_n}{IPC} = \frac{3}{1,6} = 1,875\%$$

Siendo:

I_0 : inversión inicial

n : periodo de años

FC_n : flujo de caja a “n” años.

i_r : interés real

i_n : interés nominal

IPC: índice de precios de consumo

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$VAN = -1263683 + \sum_{n=1}^{n=17} \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

Para un estudio a 17 años el VAN obtenido se puede visualizar en la siguiente tabla

Tabla 10-14.M. Estudio del VAN a 17 años

Año	Flujo de caja (€)	VAN (€)
1	106320,93	-1159318,81
2	108022,07	-1055236,41
3	109750,42	-951434,98
4	111506,43	-847913,74
5	113290,53	-744671,95
6	115103,18	-641708,85
7	116944,83	-539023,69
8	118815,95	-436615,71
9	120717,00	-334484,17
10	122648,48	-232628,33
11	124610,85	-131047,43
12	126604,63	-29740,74
13	128630,30	71292,48
14	130688,39	172052,97
15	132779,40	272541,48
16	134903,87	372758,73
17	137062,33	472705,46

Para un estudio a 17 años el proyecto resulta rentable, se obtiene un VAN igual a 472705,46 €.

TIR

La tasa interna de rentabilidad de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual que hace que el VAN sea cero. El estudio del TIR se realiza para evaluar el beneficio de una inversión o proyecto. Cuanto mayor sea la TIR más rentable será el proyecto propuesto. Si se supone que todos los otros factores que afectan al proyecto son iguales, el proyecto de mayor TIR sería considerado mejor y el primero en realizar (siempre que sea superior al interés nominal).

La ecuación que nos permite calcular la TIR es la siguiente:

$$0 = -I_0 \sum_{n=0}^{n=17} \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

A partir de la ecuación se obtiene una tasa interna de rentabilidad de 5,8%, un valor superior al interés nominal actual de 3%. Como resultado el proyecto será viable económicamente.

Período de retorno (PR)

Por último, se calculará el período de retorno del proyecto. Su objetivo consiste en calcular el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial de un proyecto. La ecuación utilizada es la siguiente:

$$PR = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio neto actual promedio}} = 15 \text{ años y } 232 \text{ días}$$

La inversión inicial del proyecto es de: 1263683 €

El beneficio neto actual promedio obtenido es de: 80826,7 €

3. Anexos

ÍNDICE DE LOS ANEXOS

1.	DATOS DE PARTIDA.....	2
1.1.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	2
1.1.1.	<i>Agitador balsa homogeneización</i>	<i>2</i>
1.1.2.	<i>Agitadores reactores</i>	<i>2</i>
1.1.3.	<i>Producción.....</i>	<i>3</i>
1.1.4.	<i>Costes productos químicos</i>	<i>3</i>
1.1.5.	<i>Sedimentador.....</i>	<i>5</i>
1.1.6.	<i>Gestión de lodos.....</i>	<i>9</i>
1.1.7.	<i>Tuberías</i>	<i>10</i>
1.1.8.	<i>Bomba agua de pozo.....</i>	<i>17</i>
1.1.9.	<i>Estudio financiero</i>	<i>20</i>
2.	CATÁLOGOS Y FICHAS TÉCNICAS	23

1. Datos de partida

1.1. Cálculos justificativos

1.1.1. Agitador balsa homogeneización

Para un régimen turbulento la fórmula de Ruston, que permite calcular la potencia mínima del agitador es la siguiente:

$$P = k \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5$$

Siendo:

P: potencia (W)

k: constante

ρ : densidad (kg/m³)

D: diámetro de la paleta del agitador (m)

n: revoluciones por segundo

$$P = 0,32 \cdot 1100 \cdot 22,5^3 \cdot 0,197^5 \rightarrow P = 1189,7 \text{ W}$$

El modelo AGS 190-3SHX/2,3 tiene una potencia de 1,7kW que resulta más que suficiente para nuestro caso.

1.1.2. Agitadores reactores

Como en el caso anterior, se calculará la potencia mínima requerida para un régimen turbulento.

$$P = k \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5$$

$$P = 0,32 \cdot 1100 \cdot 5,15^3 \cdot 0,35^5 \rightarrow P = 252,5 \text{ W}$$

El modelo VPP3-06 03B 03 tiene una potencia de 1,1kW, el agitador funcionará sin problemas

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

1.1.3. Producción

El caudal máximo que puede tratar la depuradora será de:

$$30 \frac{m^3}{h} * 20 \frac{h}{día} * 365 \frac{días}{año} = 219000 \frac{m^3}{año}$$

1.1.4. Costes productos químicos

Coagulante: se utilizarán 0,5 gramos de cloruro férrico (20% de pureza) para cada litro de agua residual

$$\begin{aligned} 219000 \frac{m^3}{año} (caudal \text{ de agua}) \cdot \frac{1000l}{m^3} \cdot \frac{0'5 \text{ g coagulante}}{1 \text{ l agua residual}} \cdot \frac{1kg}{1000 \text{ g}} \\ = 109500 \frac{kg}{año} \text{ coagulante} \end{aligned}$$

Se van a utilizar 109500 kilos de coagulante al año. El coste de un kilogramo de cloruro férrico es de 0,55 €/kg con una pureza superior al 99%, en nuestro caso se utiliza cloruro férrico con una pureza de 20%, siendo el nuevo coste de aproximadamente 0,11 €/kg.

$$109500 \frac{kg}{año} * \frac{0,11€}{kg} = 12045 \frac{€}{año}$$

Dosificación

Densidad del cloruro férrico al 20% a 20° C (de una disolución acuosa) es

$$\text{de: } 1086 \frac{kg}{m^3} \rightarrow 1,086 \frac{kg}{l} \rightarrow 1,086 \frac{g}{ml}$$

La cantidad de coagulante a suministrar en una hora es de:

$$0,5 \frac{g}{l} * 30000 \frac{l}{h} * \frac{ml}{1,086 \text{ g}} = 13812 \frac{ml}{h}$$

Además, se calcula el consumo de coagulante en un día de funcionamiento y se utiliza como referencia para el volumen del tanque de dosificación.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$13,812 \frac{l}{h} * \frac{20 h}{d} = 276,24 \frac{l}{d}$$

→ se buscará un tanque de dosificación con una capacidad de 300l

NaOH

$$109500 \frac{kg FeCl_3}{año} * \frac{1 m^3}{1086 kg} * \frac{4,9 m^3 NaOH}{1 m^3 FeCl_3} \rightarrow 494061 \frac{litros}{año} NaOH 1N$$

Para preparar 1 litro NaOH se requieren 40g NaOH, por lo tanto

$$\begin{aligned} &\rightarrow 494061 \frac{litros NaOH 1N}{año} * \frac{40g NaOH}{litro NaOH 1N} \\ &= 19762440 \frac{g NaOH}{año} \rightarrow 19762,4 \frac{kg NaOH}{año} \end{aligned}$$

$$Coste NaOH \rightarrow 19762,4 kg * 0,6 \frac{€}{kg} \rightarrow 11857,44 €/año$$

En una hora

$$13812 \frac{ml FeCl_3}{h} * \frac{4,9 ml NaOH 1N}{ml FeCl_3} = 67,7 \frac{litros NaOH 1N}{h}$$

En un día de funcionamiento

$$\begin{aligned} &67,7 \frac{litros NaOH 1N}{h} * \frac{20h}{d} \\ &= 1354 l, se utilizará un tanque de dosificación de 2000l \end{aligned}$$

Floculante: Como floculante se utilizará poliacrilamida catiónica, se recomienda preparar soluciones a una concentración de 0,1% a 0,5%. Se elige preparar una solución al 0,5% en peso.

Se utilizará 1ml de poliacrilamida al 0,5% para cada litro de agua residual.

$$\begin{aligned} &219000 \frac{m^3}{año} (agua residual) * \frac{1000l}{m^3} * \frac{1ml floculante}{1 l agua residual} \\ &= 219000 \frac{l}{año} floculante con una concentración al 0,5% \end{aligned}$$

Dosificación

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$\text{Consumo de floculante por hora} \rightarrow \frac{1 \text{ ml floculante}}{1 \text{ l agua residual}} * 30000 \frac{\text{l}}{\text{h}} = \frac{30000 \text{ ml}}{\text{h}}$$

$$\rightarrow \frac{30 \text{ l}}{\text{h}}$$

$$0,005 * \frac{800 \text{ kg}}{\text{m}^3} + 0,995 * \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} = \frac{4 \text{ kg}}{\text{m}^3} (\text{floculante}) + \frac{995 \text{ kg}}{\text{m}^3} (\text{agua})$$

$$\begin{aligned} \text{Coste del floculante por año} &\rightarrow \frac{4 \text{ kg}}{\text{m}^3} * \frac{219000 \text{ l}}{\text{año}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \\ &= \frac{876 \text{ kg}}{\text{año}} \text{ poliacrilamida catiónica} * \frac{4 \text{ €}}{\text{kg}} \\ &\rightarrow \frac{3504 \text{ €}}{\text{año}} \text{ para la compra de floculante} \end{aligned}$$

Litros en día de funcionamiento

$$\frac{30 \text{ l}}{\text{h}} * \frac{20 \text{ h}}{\text{d}} = 600 \frac{\text{l}}{\text{d}}, \text{ se utilizará un tanque de dosificación de } 1000 \text{ l}$$

1.1.5. Sedimentador

En la siguiente tabla se expone el ensayo de sedimentación Kynch.

Tabla 1. Ensayo de sedimentación de Kynch

t(s)	altura (cm)
0	35
15	34,7
30	33,4
45	32,1
60	31
75	29,8
90	28,4
105	26,9
120	25,7
135	24,4
150	23
165	21,9
180	20,5

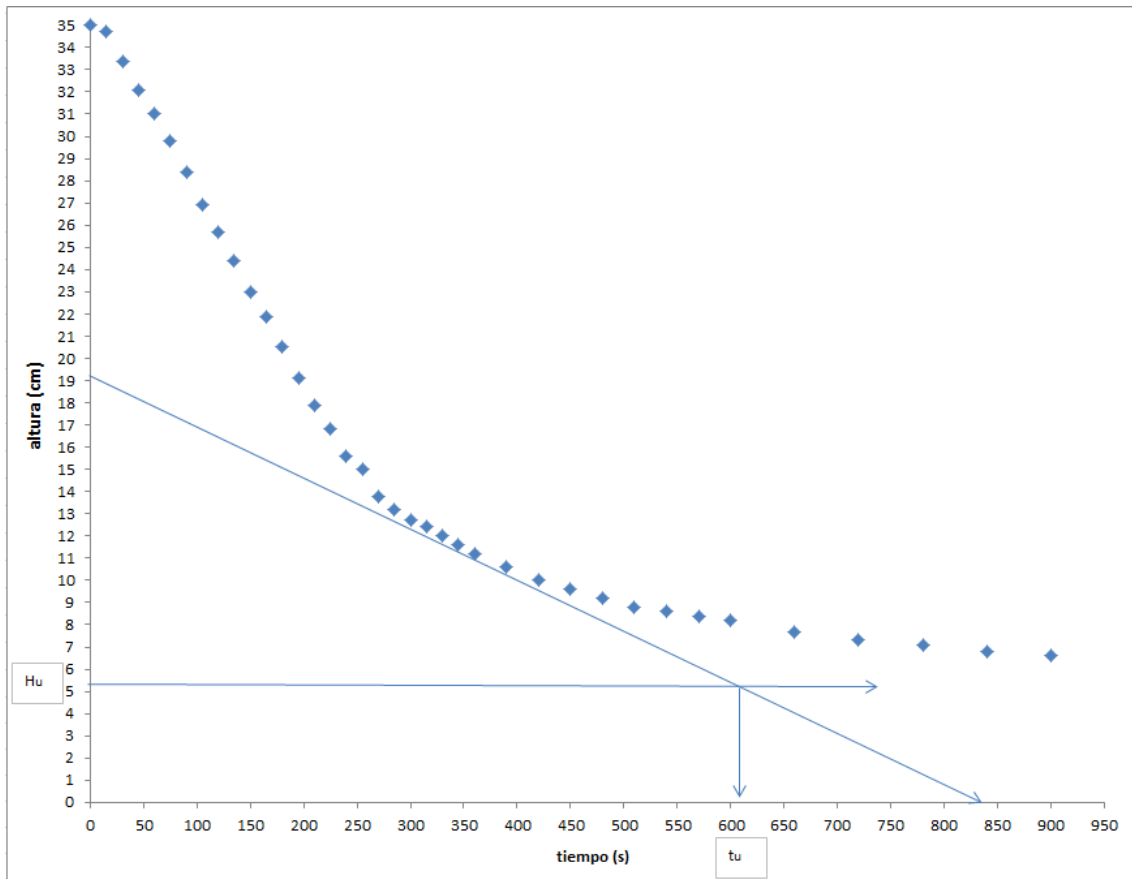
Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

195	19,1
210	17,9
225	16,8
240	15,6
255	15
270	13,8
285	13,2
300	12,7
315	12,4
330	12
345	11,6
360	11,2
390	10,6
420	10
450	9,6
480	9,2
510	8,8
540	8,6
570	8,4
600	8,2
660	7,7
720	7,3
780	7,1
840	6,8
900	6,6

A partir del ensayo de sedimentación de Kynch se construye la gráfica altura frente a tiempo, a partir de la cual se van a obtener valores necesarios para el cálculo del área y diámetro del sedimentador de lodos.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Figura 1. Altura de la interfase frente al tiempo. Método gráfico de Talmadge & Fitch



Valores conocidos:

$$Q = 30 \frac{m^3}{h} = 0,00833 \frac{m^3}{s}$$

$$c_o = \frac{60 \text{ kg}}{m^3}$$

$$c_u = \frac{400 \text{ kg}}{m^3}$$

$$n = 2,5$$

La altura H_u a la que se encuentran todos los sólidos de la suspensión en el tiempo t_u se obtiene por la siguiente ecuación.

$$H_u = \frac{C_o \cdot H_o}{C_u} = \frac{60 \cdot 35}{400} = 5,25 \text{ cm}$$

Conociendo la velocidad de sedimentación para la decantación frenada V_p y el caudal Q se puede obtener el área de sedimentación, A_1 .

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$A_1 = \frac{Q}{V_p} \rightarrow A_1 = \frac{0,00833 \frac{m^3}{s}}{0,08321 \frac{m}{s}} = 0,10015 m^2$$

El valor de V_p se obtiene a partir de la pendiente de la decantación frenada.

El área de compresión se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$A_2 = \frac{Q}{v_c} = \frac{Q \cdot t_u}{H_o}$$

Utilizando el valor de H_u y el método gráfico de Talmadge y Fitch se puede obtener el valor de t_u , en este caso es de 590 segundos.

$$A_2 = \frac{0,00833 \frac{m^3}{s} \cdot 590 s}{0,35 m} = 14,076 m$$

Como A_2 es más alta que A_1 , se utilizará esta área para calcular el área de diseño. El área de diseño se obtiene al multiplicar el área máxima por un factor de seguridad “n” que suele oscilar entre 1,5 y 3, en este caso se ha tomado $n = 2,5$.

$$A_{diseño} = A_2 \cdot n = 14,076 m \cdot 2,5 = 35,119$$

El diámetro del espesador se obtiene a partir del área de diseño.

$$A_{diseño} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \rightarrow D = 6,69 m$$

También se quiere calcular el caudal de agua evacuada por la parte superior y el caudal de fangos obtenido.

$$Q \cdot c_o = Q_f \cdot c_u + Q_s \cdot c_s$$

Como el caudal de sólidos es muy inferior a los otros caudales se puede despreciar.

$$Q \cdot c_o = Q_f \cdot c_u \rightarrow Q_f = 1,25 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s} \text{ (suspensión concentrada)}$$

El caudal de la suspensión concentrada es de $1,25 \cdot 10^{-3} m^3/s$ o $4,5 m^3/h$. Por lo tanto, se debe buscar un filtro prensa con una capacidad de $4,5 m^3/h$.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

A partir del caudal de agua que entra en el sedimentador y el caudal de la suspensión concentrada se puede obtener el caudal que desborda por la parte superior del sedimentador, que será de $7,083 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ o $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

1.1.6. Gestión de lodos

Los lodos que salen del sedimentador entran al filtro prensa donde se recupera el agua y se eliminan los lodos (secos) del proceso de tratamiento de agua.

A continuación, se calculará la cantidad de lodos producido durante un día y un año de funcionamiento, con el objetivo de calcular el coste atribuido a la gestión de lodos producidos por la EDAR.

El caudal de fangos que sale del sedimentador es de $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ o $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$, con una concentración de fangos, c_u , de $400 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Como resultado, la cantidad de lodos secos que salen del filtro prensa cada día es la siguiente:

$$\frac{4,5 \text{ m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{400 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{20 \text{ h (la EDAR funciona 20 h al día)}}{d} = 36000 \frac{\text{kg}}{d} \rightarrow \frac{36t}{d}$$

En un año:

$$\frac{36t}{d} \cdot 365 \frac{d}{\text{año}} = 13140 \frac{t}{\text{año}}$$

Si el precio de gestión de lodos es de 3 €/t en un año:

$$13140 \frac{t}{\text{año}} \cdot 3 \frac{\text{€}}{t} = 39420 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

1.1.7. Tuberías

A continuación, se van a calcular los diámetros mínimos requeridos para algunas de las diferentes tuberías de la planta depuradora.

Las tuberías utilizadas en la EDAR se pueden visualizar en las gráficas 7 y 8 del documento “Planos”

Tubería coagulante

A continuación, se explican las principales ecuaciones que se van a utilizar para el cálculo del diámetro.

Balance de energía mecánica

$$g(z_2 - z_1) + \frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \hat{W} - \Delta F$$

Donde:

g: aceleración originada por la gravedad 9,81 (m/s²)

z₂: altura a la que se encuentra el punto final de la tubería, es donde se encuentra el tanque reactor de coagulación (m).

z₁: altura inicial, es donde se encuentra el tanque de dosificación del coagulante (m).

v₂: velocidad del agua en el punto final de la tubería (m/s).

v₁: velocidad del agua en el punto inicial de la tubería (m/s).

P₂: presión en el punto final del sistema (Pa).

P₁: presión en el punto inicial del sistema (Pa).

ρ: densidad (kg/m³).

\hat{W} : energía por unidad de masa (J/kg)

α: constante cuyo valor es 1 si el régimen es turbulento y 0,5 si es laminar.

ΔF: pérdida de carga total (J/kg).

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ecuación de Fanning

$$\Delta F = 2 \cdot f \cdot v^2 \cdot \frac{L}{D}$$

Siendo:

f: factor de Fanning

v: velocidad del líquido en la tubería (m/s).

L: longitud total de la tubería de tramo recto (m).

D: diámetro de la tubería (m).

Al dividir \hat{W} por g se obtiene la carga que debe proporcionar la bomba de fluido (h).

Su valor se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta}$$

Siendo:

P: potencia de la bomba (W)

h: carga que debe proporcionar la bomba de fluido (m)

m: caudal másico (kg/s)

η : rendimiento de la bomba, se utilizará un valor de 0,9.

a partir de las condiciones de agitación y la dimensión de la helice de agitación se puede calcular v_2

$$w_2 = 180 \text{ rpm} = 3 \text{ rps} \rightarrow v_2 = 6 \pi \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,175 \text{ m} = 3,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 2. Datos conocidos para la tubería del coagulante

Datos conocidos	Valor
z_2	6,7 m
z_1	1 m
v_2	$3,3 \frac{m}{s}$
P	70W
Q	$3,83 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$
ρ	1086 kg/m^3
μ	$10^{-2} \text{ N}\cdot\text{s/m}^2$
η	0,9
Ltr	15,94

A partir de la ecuación del balance de energía mecánica

$$g(z_2 - z_1) + \frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \hat{W} - \Delta F$$

Al dividir la ecuación por “g” se obtiene:

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \right) = h$$

h se puede calcular a partir de la ecuación siguiente:

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta}$$

$$m = Q \cdot \rho = 3,83 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1086 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 4,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$h = \frac{70 \cdot 0,9}{9,81 \cdot (4,16 \cdot 10^{-3})} = 1543,9 \text{ m}$$

Volviendo al balance de materia

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \right) = h$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

v_1 se puede despreciar, ya que su valor es muy pequeño

además, $P_2=P_1$, por lo tanto, se eliminan del balance

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} + \Delta F \right) = h$$

Se puede calcular ΔF

$$\Delta F = (1543,9 - 5,7) \cdot 9,81 - 10,89 = 15078,9 \frac{J}{kg}$$

La velocidad en la tubería se puede obtener a partir del caudal y la superficie:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}, \text{ el diámetro no se conoce}$$

Se plantea la ecuación de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}, \text{ haciendo uso de la ecuación anterior} \rightarrow Re = \frac{\rho \cdot 4 \cdot Q}{\mu \cdot \pi \cdot D}$$

Sustituyendo los valores conocidos para simplificar los cálculos posteriores

$$Re = \frac{1086 \cdot 4 \cdot 3,83 \cdot 10^{-6}}{10^{-2} \cdot \pi \cdot D} = \frac{0,53}{D} \quad (a)$$

El régimen obtenido será laminar, en el B.E.M se ha tenido en cuenta esta situación y se ha utilizado 0,5 para el valor de Alpha.

Si el régimen es laminar la constante de Fanning se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$f = \frac{16}{Re} \quad (b)$$

$$\begin{aligned} \Delta F &= \frac{2 \cdot f \cdot v^2 \cdot L}{D} = \frac{32 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L_{tr}}{\pi^2 \cdot D^5} \rightarrow D = \sqrt[5]{\frac{32 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L_{tr}}{\pi^2 \cdot \Delta F}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{32 \cdot f \cdot (1,47 \cdot 10^{-11}) \cdot 15,94}{\pi^2 \cdot 15078,9}} \quad (c) \end{aligned}$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Se han planteado todas las ecuaciones necesarias para la obtención del diámetro de la tubería (ecuaciones a, b, c), el último paso consiste en suponer un valor para el diámetro y después calcular su valor a partir de las ecuaciones planteadas anteriormente. Los cálculos finalizarán cuando el diámetro supuesto sea igual al calculado.

Tabla 3. Cálculo del diámetro de la tubería

Dsup (m)	Re	f	Dcal (m)
0,05	10,6	1,51	0,0024
0,002	265	0,06	0,00125
0,00125	424	0,04	0,00137
0,00137	466	0,034	0,0011
0,0011	477	0,033	0,0011

Al final se consigue obtener que el diámetro supuesto sea igual al calculado, pero el diámetro obtenido es inferior a los diámetros utilizados generalmente. Los factores que influyen en que el diámetro de la tubería sea tan pequeño son: el caudal de coagulante muy pequeño, la potencia muy alta de la bomba y por último el rendimiento seleccionado que es más alto de lo habitual.

Se utilizará un diámetro aceptado por la normativa, un diámetro 40 mm (DN 40) se ha considerado adecuado.

Como el caso del floculante y neutralizante será similar a este se ha decidido utilizar la misma tubería DN 40 para los tres casos.

Tubería depósito homogeneización- reactor de coagulante

Las fórmulas a utilizar serán las empleadas en el caso anterior (coagulante), con la excepción de que en este caso se espera obtener un régimen turbulento al calcular Reynolds, ya que en este caso es caudal es mucho más alto y la viscosidad más pequeña.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Los datos conocidos se pueden encontrar en la siguiente tabla.

Tabla 4. Datos conocidos para la tubería depósito homogeneización-reactor coagulante

Datos conocidos	Valor
z_2	6,7 m
z_1	-8 m
v_2	$3,3 \frac{m}{s}$
P	7500 W
Q	$8,33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
ρ	1100 kg/m ³
μ	$10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
η	0,9
Ltr	29,7 m
ε	$2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

Se vuelve a plantear el B.E.M y se divide la ecuación por “g”:

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \right) = h$$

v_1 se puede despreciar, ya que su valor es muy pequeño

además, $P_2=P_1=Patm$, por lo tanto, se eliminan del balance

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} + \Delta F \right) = h$$

Como en el caso anterior, el valor de h se puede calcular.

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta}$$

$$m = Q \cdot \rho = 8,33 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9,17 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$h = \frac{7500 \cdot 0,9}{9,81 \cdot 9,17} = 75 \text{ m}$$

Se puede calcular ΔF

$$\Delta F = (75 - 14,7) \cdot 9,81 - 5,445 = 586,1 \text{ J/kg}$$

La velocidad en la tubería se puede obtener a partir del caudal y la superficie:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}, \text{ el diámetro no se conoce}$$

Se plantea la ecuación de Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}, \text{ haciendo uso de la ecuación anterior} \rightarrow Re = \frac{\rho \cdot 4 \cdot Q}{\mu \cdot \pi \cdot D}$$

Sustituyendo los valores conocidos para simplificar los cálculos posteriores

$$Re = \frac{1100 \cdot 4 \cdot 8,33 \cdot 10^{-3}}{10^{-3} \cdot \pi \cdot D} = \frac{11671,4}{D} \quad (a)$$

Como en este caso se obtiene un régimen turbulento la ecuación del régimen laminar, utilizada en el caso anterior no sirve. Se utilizarán las fórmulas del régimen turbulento.

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{D} \quad (b)$$

A partir de las ecuaciones “a”, “b” y la gráfica de Moody se puede obtener el valor de la constante de Fanning. Por último, se utilizará la ecuación “c” para comprobar si el valor supuesto para el diámetro es el correcto.

$$\begin{aligned} \Delta F &= \frac{2 \cdot f \cdot v^2 \cdot L}{D} = \frac{32 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L_{tr}}{\pi^2 \cdot D^5} \rightarrow D = \sqrt[5]{\frac{32 \cdot f \cdot Q^2 \cdot L_{tr}}{\pi^2 \cdot \Delta F}} \\ &= \sqrt[5]{\frac{8 \cdot 4f \cdot (6,94 \cdot 10^{-5}) \cdot 29,7}{\pi^2 \cdot 586,1}} = 0,078 \cdot (4f)^{1/5} \quad (c) \end{aligned}$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla 5. Cálculo del diámetro de la tubería

Dsup (m)	Re	$\frac{\varepsilon}{D} \cdot 10^4$	4f	Dcal (m)
0,050	233428	4	0,0183	0,035
0,033	353679	6,1	0,0188	0,035
0,035	333468	5,71	0,0187	0,035

El diámetro obtenido es de 35 milímetros, pero como en el caso anterior se utilizará un diámetro más alto. En este caso un diámetro de 75 mm se considera conveniente, con un factor de seguridad “n” de 2,15. Además si se disminuye el rendimiento utilizado (que es ligeramente más alto al habitual) también aumentará el diámetro de la tubería.

1.1.8. Bomba agua de pozo

Para calcular la potencia requerida para bombear 30 m³/h de agua de pozo se plantea la siguiente tabla con datos conocidos y después se van a utilizar las fórmulas empleadas anteriormente (en el cálculo del diámetro de las diferentes tuberías)

Tabla 6. Datos conocidos para calcular la potencia requerida para el bombeo de agua de pozo

Datos conocidos	Valor
z_2	-1 m
z_1	-70 m
P_2	7 bar
Q	$8,33 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
ρ	1000 kg/m ³
μ	$10^{-3} \text{ N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$
η bomba	0,75
Ltr	80 m
ε	$2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Ecuación del balance de energía mecánica

$$g(z_2 - z_1) + \frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} = \hat{W} - \Delta F$$

Se divide la ecuación por “g”

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \right) = h$$

La velocidad en la tubería se puede obtener a partir del caudal y la superficie de la tubería

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = 0,4716 \frac{m}{s}$$

El valor de la presión en el punto inicial, P_1 , se puede calcular. La bomba se colocará 20 m por debajo del nivel del agua.

$$P_1 = P_{atm} + \rho \cdot g \cdot h = 297500 \text{ Pa}$$

Se puede calcular ΔF

$$\Delta F_{total} = \Delta F_{tr} + \Delta F_{ac}$$

$$\Delta F_{tr} = \frac{2f \cdot v^2 \cdot L_{tr}}{D}$$

Pérdida de carga en los accidentes

$$\Delta F_{ac} = \sum K \cdot \frac{v^2}{2}$$

Los únicos accidentes son:

Un codo de 90° standard; $K=0,75$

Un codo de 45° standard; $K=0,35$

$$\Delta F_{ac} = 1,1 \cdot \frac{0,4716^2}{2} = 0,122 \frac{J}{kg}$$

A partir de las ecuaciones “a”, “b” y la gráfica de Moody se puede obtener el valor de la constante de Fanning

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (a)$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{D} \quad (b)$$

$$Re = \frac{1000 \cdot 0,4716 \cdot 0,15}{10^{-3}} = 70740$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{2 \cdot 10^{-5}}{0,15} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

A partir de la gráfica de Moody y las ecuaciones “a”, “b” se obtiene $4f$

$$4f = 0,014 \rightarrow 2f = 7 \cdot 10^{-3}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de pérdida de carga para el tramo recto.

$$\Delta F_{tr} = \frac{7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4716^2 \cdot 80}{0,15} = 0,83 \frac{J}{kg}$$

$$\Delta F_{total} = \Delta F_{tr} + \Delta F_{ac} = 0,122 + 0,83 = 0,952 \frac{J}{kg}$$

Volviendo a la ecuación del balance de energía mecánica

$$(z_2 - z_1) + \frac{1}{g} \cdot \left(\frac{v_2^2}{2\alpha_2} - \frac{v_1^2}{2\alpha_1} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \Delta F \right) = h$$

$$(-1 - -70) + \frac{1}{9,81} \cdot \left(\frac{0,4716^2}{2} + \frac{700000 - 297500}{1000} + 0,952 \right) = h \rightarrow h = 110,14$$

La potencia requerida para la bomba se puede calcular a partir de la siguiente ecuación

$$P = \frac{h \cdot g \cdot m}{\eta}$$

El caudal másico se puede obtener

$$m = Q \cdot \rho = 8,333$$

$$P = \frac{110,14 \cdot 9,81 \cdot 8,333}{0,75} = 12005 \text{ W}$$

La potencia de la bomba seleccionada es de 20hp o 14,9kW, como es superior a la requerida se utilizará la bomba seleccionada.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

1.1.9. Estudio financiero

Como los gastos y la inversión inicial se han visto detalladamente en el estudio de viabilidad económica, no tiene sentido volver a presentarlos en los cálculos justificativos.

La inversión inicial estimada para la realización del proyecto: 1263683 €

El interés real (que se utilizará en la fórmula del VAN) es igual a 1,875% y se obtiene por la siguiente ecuación:

$$i_r \text{ (interés real)} = \frac{i_n}{IPC} = \frac{3}{1,6} = 1,875\%$$

En la tabla 7 se van a ver los ingresos y gastos totales obtenidos durante los 17 años de estudio, ya que no se han visto en el estudio de viabilidad económica.

Tabla 7. Ingresos y gastos obtenidos durante los primeros 17 años de actividad.

Año	Ingresos (€)	Gastos totales (€)
1	470850	375933,07
2	478383,6	381947,99
3	486037,73	388059,16
4	493814,34	394268,11
5	501715,37	400576,40
6	509742,81	406985,62
7	517898,70	413497,39
8	526185,08	420113,35
9	534604,04	426835,16
10	543157,70	433664,53
11	551848,23	440603,16
12	560677,80	447652,81
13	569648,64	454815,25
14	578763,02	462092,30
15	588023,23	469485,77
16	597431,60	476997,55
17	606990,51	484629,51

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

En la tabla 8 se visualizará el beneficio bruto obtenido y el beneficio obtenido después de tener en cuenta el impuesto sobre sociedades (beneficio neto).

Table 8. Beneficio bruto y neto obtenido durante los primeros 17 años de actividad

Año	Beneficio bruto (€)	Beneficio neto (€)
1	94916,93	71187,69
2	96435,60	72326,70
3	97978,57	73483,92
4	99546,22	74659,67
5	101138,96	75854,22
6	102757,19	77067,89
7	104401,30	78300,97
8	106071,72	79553,79
9	107768,87	80826,65
10	109493,17	82119,88
11	111245,06	83433,80
12	113024,98	84768,74
13	114833,38	86125,04
14	116670,72	87503,04
15	118537,45	88903,09
16	120434,05	90325,53
17	122360,99	91770,74

A partir del beneficio neto y las amortizaciones de un correspondiente año se obtiene el flujo de caja. Utilizando el valor del flujo de caja obtenido y la siguiente ecuación se obtiene el valor actual neto (VAN) del correspondiente año.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n=17} \frac{FC_n}{(1 + i_r)^n}$$

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

En la tabla 9 se obtiene el valor actual neto para un estudio a 17 años.

Tabla 9. Estudio del VAN a 17 años.

Año	Amortizaciones (€)	Flujo de caja (€)	VAN (€)
1	35133,24	106320,93	-1159318,81
2	35695,37	108022,07	-1055236,41
3	36266,49	109750,42	-951434,98
4	36846,76	111506,43	-847913,74
5	37436,31	113290,53	-744671,95
6	38035,29	115103,18	-641708,85
7	38643,85	116944,83	-539023,69
8	39262,15	118815,95	-436615,71
9	39890,35	120717,00	-334484,17
10	40528,59	122648,48	-232628,33
11	41177,05	124610,85	-131047,43
12	41835,89	126604,63	-29740,74
13	42505,26	128630,30	71292,48
14	43185,34	130688,39	172052,97
15	43876,31	132779,40	272541,48
16	44578,33	134903,87	372758,73
17	45291,58	137062,33	472705,45

A partir de la fórmula siguiente se puede obtener la tasa interna de rentabilidad (TIR).

$$0 = -I_0 \sum_{n=0}^{n=17} \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n}$$

Para un estudio a 17 años la tasa interna de rentabilidad obtenida es de 5,8%.

2. Catálogos y fichas técnicas

Bomba balsa homogeneización-tamiz

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE EJE VERTICAL

Serie PZ



APLICACIONES:
Las bombas de eje vertical son idóneas para el sector agrícola, civil e industrial. No precisan de un técnico especializado puesto que la bomba se sostiene del cabezal, con la regulación adecuada. Pueden instalarse hasta una profundidad máxima de 180 metros.

COMPONENTES:
1) CABEZAL DE TRANSMISION (Se fabrica en 4 versiones):

- Cabezal "VO" de polea plana o acanalada lubricado por aceite.
- Cabezal "RA" de engranaje para motor diesel en directo lubricado por aceite.
- Cabezal "RM" para tractor con multiplicador lubricado por aceite.
- Cabezal "ME" para accionamiento con motor eléctrico en directo.

2) TRAMOS DE COLUMNA, COMPUESTOS POR:

- Tubo de 3,05 m de longitud galvanizado en caliente.
- Guía en fundición GG25 con cojinete en goma recambiable.
- Eje de transmisión en acero C-45 calibrado y equilibrado.
- Manguilla de acoplamiento de ejes en acero.

3) CUERPO DE BOMBA: Constituido por una o varias fases dependiendo de las necesidades. El difusor en fundición GG25 con aro de cierre y cojinete en goma, recambiables ambos en caso de desgaste. Rodete en fundición GG25, equilibrada hidráulicamente. Bajo demanda, se fabrica en bronce marino.

4) VALVULA de FONDO: en fundición GG25 con rejilla galvanizada, bajo demanda en acero inoxidable.

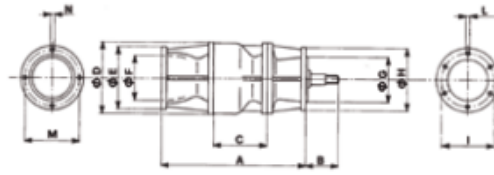


MODELO / CARACTERÍSTICAS **Cuerpos de bomba 6" – 2900 RPM**

6"-2900 RPM	HP	m³/h	9	12	18	24	30	33	36	42	Columna "LA"	Polea acanalada "VO"	Cabezal engranajes Motor Diesel "RA"	Cabezal para Tractor "RM"	Cabezal para Motor Eléctrico "ME"
PZ-63-20/2	5		25	24	23	22	21	20	18	15					
PZ-63-20/4	10		50	48	46	44	42	40	36	30					
PZ-63-20/6	12,5		75	72	69	68	63	60	54	45					
PZ-63-20/8	20		100	96	95	89	85	80	72	60	LA-3-20	VO-80/20	RA-80/20	RM-80/20	ME-80/20
PZ-63-20/10	20		125	120	116	110	107	100	90	75					
PZ-63-20/12	25		152	150	144	133	126	120	108	90					
PZ-63-24/14	25		178	175	162	154	147	140	126	105					
PZ-63-24/16	30		203	200	188	176	168	160	144	120	LA-3-24	VO-80/24	RA-80/24	RM-80/24	ME-80/24

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

DIMENSIONES Y PESOS



a) Para una sólo fase

b) Cada fase adicional

Cuerpo de bomba "PZ"

TIPO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	agujeros		M	agujeros		Ø Pozo	Peso Kg.	
										L	nº		N	nº		a	b
PZ 63	350	91	105	140	140	85	95	140	120	M10	6	120	13,5	4	6"	16	4,7
PZ 80 L	350	91	130	140	140	85	95	140	120	M10	6	120	13,5	4	6"	16	4,7
PZ 73	330	91	130	175	140	85	95	175	120	M10	6	120	13,5	4	7"	24	9,5
PZ 74	330	89	130	175	170	105	114	175	147	M10	6	140	13,5	4	7"	25	10
PZ 80 P	250	91	115	193	140	85	95	140	120	M10	6	120	13,5	4	8"	17	9,5
PZ 100	345	89	115	193	170	105	114	170	147	M10	6	140	13,5	4	8"	27	10
PZ 85	355	89	145	190	190	115	125	190	168	M10	6	168	13,5	4	8"	30	10
PZ 86	355	89	145	190	190	115	125	190	168	M10	6	168	13,5	4	8"	31	10
PZ 106 A/B	485	89	183	234	234	206	176	234	206	M14	6	206	15,5	6	10"	51	21

Agitadores



AGS

Agitadores sumergidos **Submersible Mixers** **Agitateur submersible**

Los agitadores constan de una hélice que provoca la agitación y mezcla del fluido y un motor que acciona dicha hélice. Todo el equipo se encuentra sumergido por lo que es totalmente estanco.

The submersible mixers consist of a propeller that the agitation causes and mixes of the fluid and a motor that this propeller drives. All the equipment is submerged reason why it must be totally watertight.

Les agitateurs sont composés d'une hélice qui provoque l'agitation et le mélange du fluide, et un moteur qui entraîne l'hélice. L'équipement doit être totalement étanche parce qu'il est submergé.



Funcionamiento:

La instalación de los agitadores sumergibles se efectúa habitualmente por medio de un sistema guía universal que permite la utilización del agitador en depósitos de diferentes profundidades de agua, evitando simultáneamente la formación de zonas muertas. Con el sistema de tubo guía no existe ninguna dificultad en bajar el agitador al depósito aunque éste se encuentre inundado. Igual de simple resulta la operación inversa si es preciso sacar el equipo para efectuar algún trabajo de reparación o mantenimiento.

Selección:

Para llevar a cabo una selección correcta de un agitador sumergido debe tener en cuenta los siguientes parámetros:
Área de la balsa.
Altura de la lámina de agua de la balsa.
Material de construcción de la balsa.
Equipos que permanecerán con el Agitador sumergido en el interior de la balsa (bombas sumergidas, sistemas de aireación, etc.)
Naturaleza del líquido a agitar como pH y conductividad eléctrica.
Concentración de sólidos en suspensión o densidad del líquido a agitar.
Función que va a desarrollar la balsa (homogeneización, desnitrificación, almacenamientos pluviales, etc.)

Aplicaciones:

Estaciones de bombeo.
Depósitos de homogeneización.
Depósitos de contención de pluviales.
Reactores biológicos fangos activados.
Procesos de nitrificación-desnitrificación.
Almacenamiento y digestión de fangos.
Depósitos de purines.
Industria papelera.

Operation:

Submersible mixers are installed thanks to a guidance system meaning that these can be used in tanks with different depths of water, preventing the formation of untreated zones. The guide tube system means that the agitator can be dropped into the tank easily even though this is flooded. The opposite operation is just as easy when the set has to be taken out for repair or maintenance work.

Selection:

In order to carry out a correct selection of a radial aerator it must consider the following parameters:
Tank area.
Height of the water.
Construction equipment of the tank.
Equipment that will coexist with the mixer inside the tank (submerged pumps, aeration systems, etc.)
Nature of the liquid to shake like pH and electrical conductivity.
Solid concentration in suspension or density of the liquid to shake.
Function that is going to develop to the tank (homogenization, desnitrification, pluvial storage, etc.)

Applications:

Pumping stations.
Homogenization tanks.
Storm water tanks.
Biological treatment of activated sludge.
Nitrification-desnitrification processes.
Storage and digested sludge tanks.
Slurry tanks.
Paper industry.

Fonctionnement:

Les agitateurs submersibles sont installés grâce à un système de guidage permettant de les utiliser dans des dépôts ou réservoirs avec diverses profondeurs d'eau, tout en évitant la formation de zones mortes. Le système de tube guide permet de descendre l'agitateur dans le réservoir sans difficultés, même si celui-ci est inondé. L'opération inverse est tout aussi facile lorsqu'il faut sortir le groupe en cas d'intervention de réparation ou de maintenance.

Selection:

Pour la sélection correcte d'un aérateur radial, il faut tenir compte des paramètres suivants :
Surface du réservoir
Hauteur de l'eau dans le réservoir
Matériel de construction du réservoir
Équipements qui seront installés avec l'agitateur dans le réservoir (groupes immergés, systèmes d'aération, etc.)
Nature du liquide à agiter, son PH et sa conductivité électrique
Concentration des solides en suspension ou densité du liquide à agiter
Fonctions à développer dans le réservoir (homogénéisation, dénitrification, stockages pluviaux, etc.)

Applications:

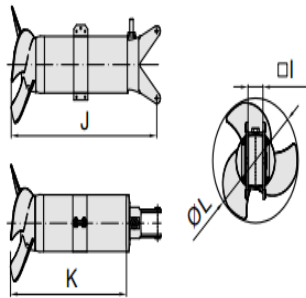
Stations de pompage
Réservoirs d'homogénéisation.
Réservoirs de contention d'eaux pluviales
Réacteurs biologiques boues activées
Processus de nitrification-dénitrification
Stockage et digestion de boues
Dépôts de purins
Industrie papetière

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Serie / Series / Série **X Inos AISI 316L**

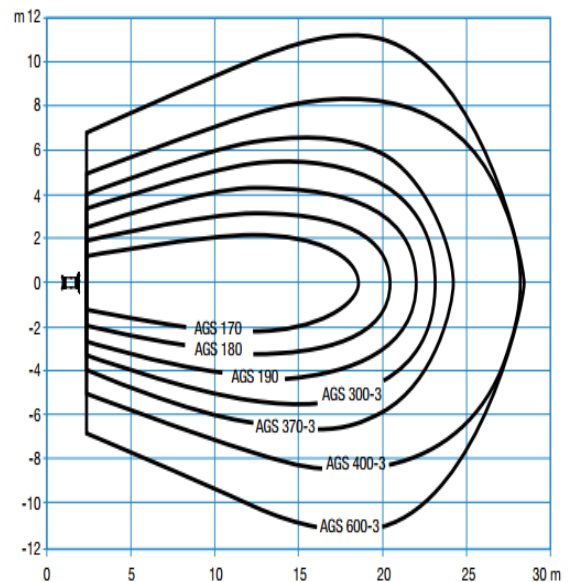
Código Code Code	Tipo Type Type	RPM RPM T/MIN	Voltaje Voltage Voltage (V)	P1 (kw)	P2 (kw)	I (A)	Iarr (A)	COS. φ	Cable Cable Cable	Tipo de arranque Starts type Type démarrages	T.	H.	ØL (mm)	Nº	Ø	Q (l/s)	N (Nw)	Peso Weight Poids (Kg)
P0037673	AGS 190-3SHX/2,3	1350	400	1,7	1,4	3,2	19,2	0,89	4G2,2	Directo / D.O.L./Direct.	-	-	197	3	17°	160	275	46
P0005491	AGS 300-2SHX/2,9	930	400	2	1,5	4,6	27,6	0,79	4G2,4	Directo / D.O.L./Direct.	-	-	300	2	9°	190	300	50
P0018466	AGS 300-3SHX/3,6	950	400/690	2,5	1,9	5,5	33	0,82	10G1,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	300	3	9°	210	320	65
P0018470	AGS 370-3SHX/2,3	690	400/690	1,6	1,1	3	18	0,74	10G1,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	370	3	9°	240	385	68
P0018477	AGS 400-3SHX/3	670	400/690	2,1	1,7	5,5	33	0,8	10G2,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	400	3	9°	260	420	114
P0018478	AGS 400-3SHX/4,7	670	400/690	3,3	2,5	6,8	40,8	0,8	10G2,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	400	3	9°	260	650	114
P0005494	AGS 400-3SHX/6,1	710	400/690	4,3	3,4	8,4	50,4	0,79	10G2,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	400	3	19°	370	780	140
P0018487	AGS 600-3SHX/7,3	475	400/690	5,1	4	13,2	79,2	0,7	10G2,5	Directo / D.O.L./Direct.	●	●	600	3	9°	630	1040	245
P0018488	AGS 600-3SHX/10	470	400/690	7	5,7	15,9	95,4	0,8	10G2,5	YΔ	●	●	600	3	12°	690	1500	245
P0018489	AGS 600-3SHX/13	470	400/690	9,3	7,5	18,7	112	0,8	10G2,5	YΔ	●	●	600	3	12°	690	1850	245

Dimensiones / Dimensions / Dimensions

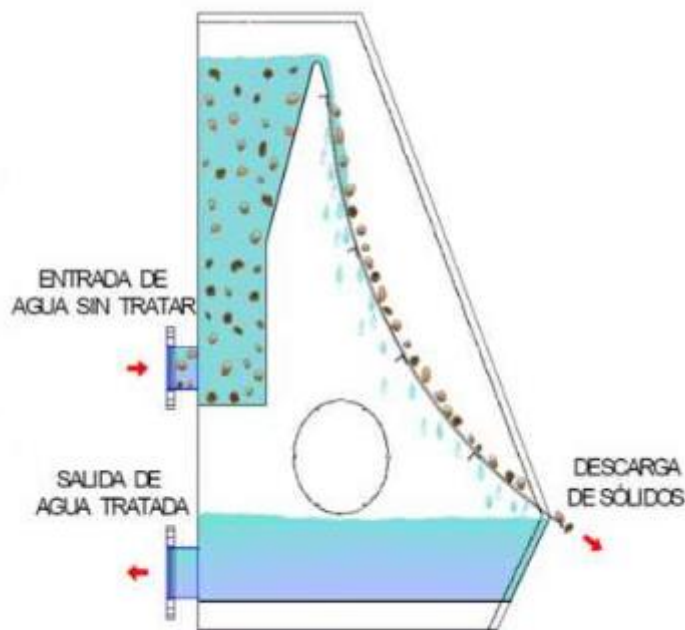


Tipo / Type / Type	J	K	Ø L	Ø L
AGS 170-2SH	-	400	-	176
AGS 180-3SH...DS	605	400	60x60	191
AGS 190-3SH	602	445	60x60	197
AGS 300-3SH	547	437	60x60	300
AGS 300-2SH	547	-	60x60	300
AGS 370-3SH	566	455	60x60	370
AGS 400-3SH	756	511	60x60	400
AGS 600-3SH	1109	814	100x100	600

Campos de trabajo / Performance charts / Champs de travail



Tamiz estático



Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

TABLA DE CAUDALES PARA TAMICES ESTATICOS

MODELO	CAUDAL DE AGUA (m³/h)						
	LUZ DE PASO DE MALLA (mm)						
	0,15	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2
PAM 300	9	18	22	27	37	42	45
PAM 500	13	29	39	40	56	62	67
PAM 600	18	36	45	54	75	83	90
PAM 800	21	48	60	72	99	110	120
PAM 1000	25	60	75	90	125	138	150
PAM 1200	30	75	92	112	152	169	185
PAM 1500	36	90	110	135	180	200	220
PAM 2000	49	120	150	180	250	275	300

NOTA: Estos valores corresponden a caudales máximos con aguas con un contenido en sólido normal.

Reactivos



FICHA TÉCNICA

CI-8100

POLIACRILAMIDA CATIÓNICA EN POLVO
DEPURACIÓN DE AGUAS Y DESHIDRATACIÓN DE LODOS



DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Poliacrilamida catiónica en polvo.

Aspecto	Sólido granular blanco
Carácter iónico	Catiónico
Ionicidad	Baja
Densidad	~ 0,80 g/cm ³
Sólidos	> 88%
Viscosidad al 0,3%	150-250 cp
Peso Molecular	Alto

BENEFICIOS

Útil en un amplio abanico de aplicaciones. Proporciona excelentes resultados en los procesos de deshidratación de fangos, especialmente en centrifugas.

Efectivo en un amplio rango de pH.

Puede funcionar sólo o en combinación con otros productos habituales en los tratamientos de aguas, como: sulfato de alúmina, policloruro de aluminio, cloruro férrico, poliamina, cal, etc. En esta combinación, si se emplea posteriormente un floculante aniónico, se obtiene una floculación más completa y resistente (tratamiento dual).

Indicado para aplicaciones con grandes consumos de floculante.

Especialmente útil en tratamientos de efluentes donde la separación debe realizarse por decantación.

Producto libre de disolventes y tensoactivos, con muy bajo contenido en compuestos orgánicos volátiles.

PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN

Se recomienda preparar soluciones a una concentración entre el 0,1% y el 0,5%.

Para su correcta disolución aconsejamos usar un dosificador de efecto venturi para dispersar de manera efectiva el producto sobre el agua.

Tras unos primeros minutos de agitación fuerte será necesario un tiempo de 45-60 minutos de agitación lenta para completar la disolución.

La estabilidad de la disolución del producto depende de diversos factores (calidad del agua utilizada, pH, temperatura, concentración, etc.).

Se recomienda preparar la disolución y consumirla en las horas siguientes.

Una pérdida de viscosidad de la disolución indica que ésta se degrada.

En esta situación la disolución todavía es útil, aunque ahora deberá sobredosificarse para conseguir el efecto deseado.

El punto óptimo de dosificación dependerá de cada aplicación y deberá determinarse in situ.

MANIPULACIÓN, ALMACENADO Y ESTABILIDAD

Tomar las precauciones habituales cuando se maneja cualquier sustancia química. Evitar el contacto con los ojos, piel o ropa. Aunque no desprende vapores tóxicos se recomienda utilizar en lugares convenientemente ventilados.

En caso de vertido, las superficies afectadas pueden tornarse extremadamente resbaladizas al entrar en contacto con agua. Recoger con pala y escoba antes de limpiar la zona afectada con agua a presión.

El producto se considera válido para su aplicación hasta 12 meses después de su fabricación, aunque se recomienda consumirlo durante los 6 u 8 primeros meses. A pesar de esto, tiempos mayores de almacenamiento no implican la invalidez del producto.

Las condiciones de almacenamiento son importantes; se recomienda hacerlo en lugar cubierto y protegido de la humedad.

Mantener el recipiente que contiene el producto perfectamente cerrado para evitar la humedad y las contaminaciones externas. El producto es higroscópico, por lo que el agua produce un apelmazamiento del mismo.

El producto se suministra en sacos de 25 Kg. y en Big-Bags de 750 Kg.

Para más información ver la Hoja de Datos de Seguridad del producto.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO FÉRRICO (ANHIDRO)		ICSC: 1499
		Abril 2004
Cloruro de hierro Tricloruro de hierro Cloruro de hierro (III)		
CAS:	7705-08-0	FeCl ₃
RTECS:	LJ9100000	Masa molecular: 162,2
NU:	1773	
CE / EINECS:	231-729-4	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			

EXPOSICIÓN			
Inhalación	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Vómitos. Diarrea. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal adicional: respirador de filtro P2 para partículas nocivas.	Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S1773.	Separado de bases fuertes y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar seco. Bien cerrado.
<div> <div> IPCS International Programme on Chemical Safety </div> <div>  WHO </div> <div>  ILO </div> <div>  UNEP </div> <div>  </div> <div>  MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN </div> <div>  INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO </div> </div> <p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2004</p>	

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO FÉRRICO (ANHIDRO)

ICSC: 1499

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Cristales higroscópicos negros a marrones.

PELIGROS QUÍMICOS:

La sustancia se descompone al calentarla intensamente, a más de 200 °C produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro y cloruro de hidrógeno.

La sustancia se descompone en contacto con agua produciendo cloruro de hidrógeno. La disolución en agua es moderadamente ácida. Reacciona violentamente con metales alcalinos, cloruro de alilo, óxido de etileno, estireno y bases, originando peligro de explosión. Ataca al metal, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ:0001).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: (sales de hierro solubles, como Fe) 1 mg/m³; (ACGIH 2004).

MAK no establecido.

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN:

La evaporación a 20 °C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de fusión: 37 °C (ver Notas)

Densidad: 2,9 g/cm³

Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 92 reacciona

Presión de vapor, Pa a 20 °C: despreciable

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

UN 1773 corresponde a la forma anhidro; UN 2582 corresponde a la disolución. Se indica el punto de fusión aparente originado por pérdida del agua de cristalización. Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80GC1-II+III, corresponde a la disolución. Nombres comunes: Flores martis y molisita.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2010):

VLA-ED: (sales de hierro solubles, como Fe) 1 mg/m³

Notas: Los términos "soluble" e "insoluble" se entienden con referencia al agua.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

© IPCS, CE 2004

Depósitos cilíndricos, almacenamiento



Volumen (L)	Ø (mm)	H (mm)
100	530	610
200	600	1000
300	740	1000
500	940	1000
1000	1120	1400
2000	1490	1410
3000	1740	1500

Tanques reactores



Depósitos Agua Verticales con patas - 3

- Disponible desde 3.000 a 25.000 litros.

- Precios desde 782 a 3.625 € + IVA.

- De 3000 l. (1,7mx 1,7diam) 782 €.

- De 4000 l. (2,1mx 1,7diam) 985 €.

- De 5000 l. (2,5mx 1,7diam) 1.098 €.

- De 6000 l. (3,1mx 1,7diam) 1.140 €.

- De 6000 l. (2,1mx 2,05diam) 1.140 €.

- De 7000 l. (2,4mx 2,05diam) 1.203 €.

- De 8000 l. (2,8mx 2,05diam) 1.300 €.

- De 9000 l. (2,9mx 2,05diam) 1.360 €.

- De 10000 l. (3,5mx 2,05diam) 1.585 €.

- De 12000 l. (4mx 2,05diam) 1.855 €.

- De 15000 l. (3,7mx 2,45diam) 2.272 €.

- De 20000 l. (4,9mx 2,45diam) 2.890 €.

- De 25000 l. (5,6mx 2,45diam) 3.625 €.

IVA NO INCLUIDO

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Bombas dosificación

TECNICA DE FLUIDOS, S.L.

Oficinas y almacén centrales
C./Marina, 131 Bis – 133
08013 Barcelona
Tlfn.: 93 244 07 96 / Fax: 93 265 94 32
E-mail: tdf@tecnicafuidos.com

Delegación Zona centro
C./Cabo de Trafalgar, 2
28500 Arganda del Rey (Madrid)
Tlfn.: 91 875 76 56 / Fax: 91 875 76 57
E-mail: tdfmadrid@tecnicafuidos.com

Web: www.tecnicafuidos.com



BOMBA DOSIFICADORA MAGDOS DX-20



Bomba dosificadora de membrana accionada por solenoide.

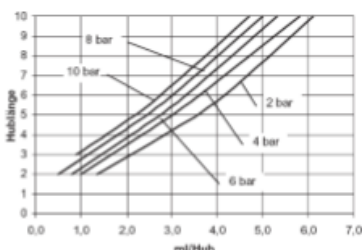


Características generales

Caudal@presión : 20.2 l/h@ 10 bar
Cadencia máxima: 70 Impulsos/min.
Válvulas asp. / imp.: DN6 (6x12)/ DN6 (6x12) - doble bola.
Conexión entrada control de nivel (5 V DC libre potencial)
Temperatura trabajo máxima: 40°C. ambiente- 35°C fluido.
Peso aprox.: 10.5 Kg.

Materiales

Cabezal: PVC - Válvulas: PVC/cristal /vitón - Membrana: Teflón

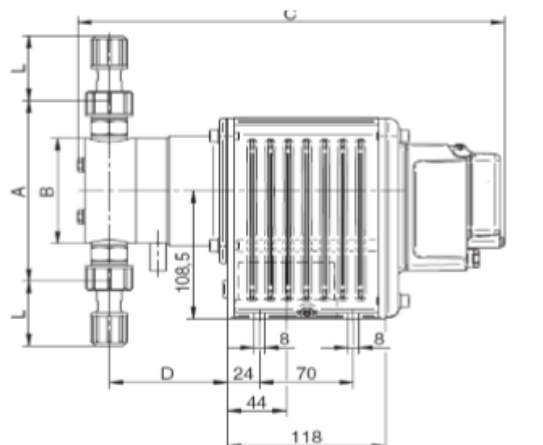
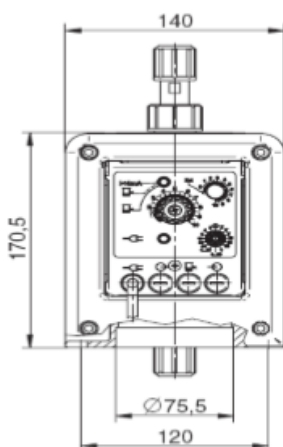


Regulación

Manual de carrera del 0 al 100%.
Impulsos ajustables manualmente de 0 a 100 % Impulsos/min.
Entrada de pulsos (5 VDC libre potencial), 1,2 mts. cable aprox.
Ajuste de pulsos multiplicación y división de pulsos en relación de 1,2,4,8,16,32,64,
Función de entrada de impulsos 0(4) .. 20 mA

Motor

Alimentación: 230V.(+/-10%) - 50/60Hz. – 70 W. Max. 4.1 A
Protección: IP65 Clase F



Motor-driven diaphragm dosing pumps

MINIDOS A, MIDIDOS E



Pump model	Flow rate at max. back pressure			Stroke rate	Diaphragm	Suction lift	Weight
MINIDOS A	bar	l/h	ml/stroke	strokes/min	Ø mm	m wc	approx. kg
A 3	10	3.2	1.5	36	38	5.0	4.4
A 5	10	6.4	1.5	72	38	5.0	4.4
A 8	10	8.0	1.5	90	38	5.0	4.4
A 14	10	14.0	2.6	90	52	5.0	4.4
A 24	10	24.0	2.6	138	52	5.0	4.4
A 40	5	39.0	4.7	138	64	2.5	4.7
Pump model	Electrical data						
MINIDOS A	Supply	Power	Speed	Protection class	Insulation class		
A 3, 8, 14	3~ 230/400 V, 50 Hz	0.03 kW	1,420 min ⁻¹	IP 55	F		
A 5, 24, 40	3~ 230/400 V, 50 Hz	0.05 kW	2,880 min ⁻¹	IP 55	F		

- Other voltages optional (also single phase)
- Pump is lubricated for long service life
- Cost-efficient
- Compact design



Pump model	Flow rate at max. back pressure			Stroke rate	Diaphragm	Suction lift	Weight
MIDIDOS E	bar	l/h	ml/stroke	strokes/min	Ø mm	m wc	approx. kg
E 24	10	24	8.5	48	64	7	7
E 48	10	48	8.5	96	64	7	7
E 72	6	80	8.5	142	64	7	7
E 120	4	114	20.8	96	90	3	8
Pump model	Electrical data						
MIDIDOS E	Supply	Power	Speed	Protection class	Insulation class		
E 24 ... E 120	3~ 230/400 V, 50 Hz	0.05 kW	1,440 min ⁻¹	IP 55	F		

- Manually adjustable stroke lengths from 0 ... 100%
- Gear parts and storage are lubricated for life
- It is possible to operate on alternating voltage
- Gearbox with one-level worm-wheel gear-ratio

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Agitador tanques coagulación, neutralización, floculación.



SERIE VPP3

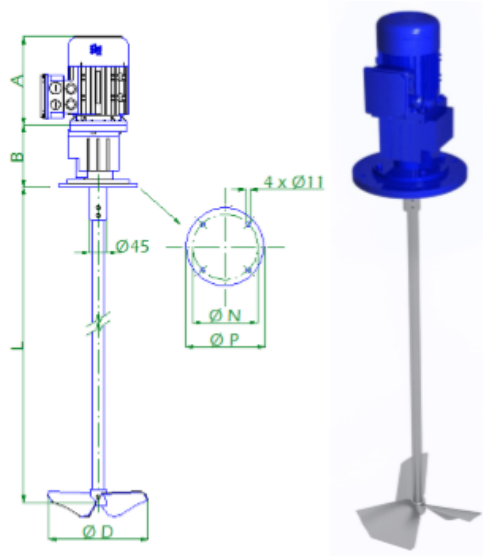
Los agitadores de la serie VPP están especialmente diseñados para la mezcla de fluidos con alguna viscosidad. Son adecuados para tanques de volumen medio, hasta 4 - 5 m³. El sencillo diseño supone una máquina de fácil mantenimiento, sólo conectar y trabajar. Con la hélice de perfil axial tipo S se obtiene una relación equilibrada entre caudal de bombeo y potencia absorbida. En caso necesario, la hélice se puede ajustar fácilmente a lo largo del eje, o se puede equipar con dos o más hélices.

Características:

- Para tanques de 0,5 – 5 m³
- Motores de 0,18 kW a 2,2 kW.
- Velocidad 300 rpm (disponibles otras velocidades).
- Hélice de perfil axial S, de diámetros entre 200 y 400 mm.
- Longitud máxima de eje 1500 mm.
- Eje y hélice en AISI 316, o revestido de polietileno.

Extras opcionales:

- Brida en AISI 316 o PVC con retén.
- Revestimientos de ebonita.
- Ejecución alimentaria o pulida.
- Motores ATEX.
- Bridas DIN o ANSI.
- Ejecuciones especiales.



Modelo	Motor kW	rpm	A	B	D	L max.	N	P	kg	Vol. m ³
VPP3-01 03 B 01	0,18	310	187	122	200	1500	165	200	22	0,5
VPP3-03 03 B 25	0,37	306	207	154	250	1500	165	200	24	0,5 – 1
VPP3-05 03 B 02	0,75	308	224	159	300	1500	210	250	31	1 – 2
VPP3-06 03 B 03	1,1	309	274	208	350	1500	210	250	35	2 – 3
VPP3-07 03 B 04	1,5	289	248	208	400	1500	210	250	40	3 – 4
VPP3-08 03 B 04	2,2	289	309	208	400	1500	210	250	45	4 – 5

Dimensiones en [mm].

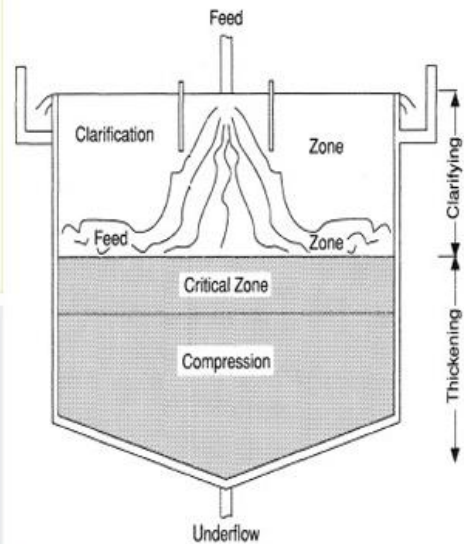
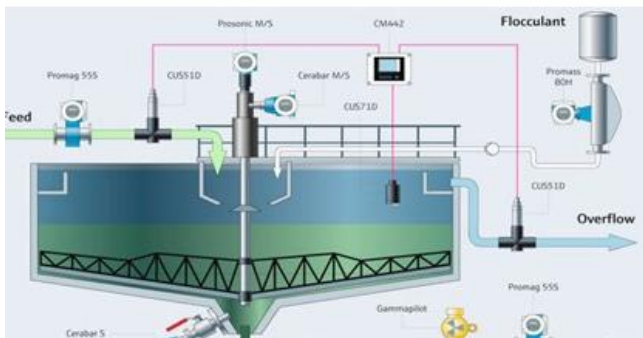
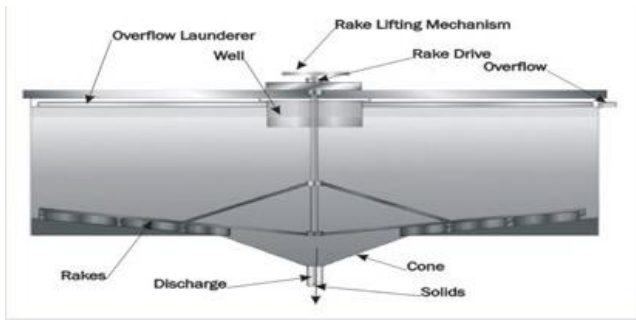
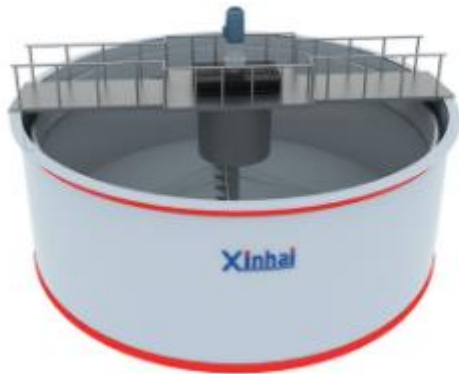
(*) Volúmenes orientativos de tanques.

Debido a nuestra política de constante mejora, los valores indicados pueden cambiar.

Tineo, 17 ■ 28031 Madrid (Spain) ■ Tel: + 34 91 170.19.24 ■ sales@fluidmix.es

V6.2014

Espesador de lodos



Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Lodos -Parámetros técnicos

Modelo	Diámetro del tanque (Mm)	Profundidad del tanque (Mm)	Área de sedimentación (M ²)	Capacidad (T/D)	Modelo de motor	Potencia del motor (Kw)	Tanque de acero Peso (Kg)	Peso (Kg)
NZSG-2.5	2500	1850	4.9	5-22.4	Y90L-6	1.1	1000	2225
NZSG-3A	3000	1800	7	5-23.3	Y100L-6	1.5	1664	3168
NZSG-3	3600	1800	10.2	5-28.5	Y100L-6	1.5	2097	3680
NZSG-5	5000	2956	16	16-90	Y90L-4	1.5	5160	7908
NZSG-6	6000	2956	28.3	98	Y90L-4	1.5	5769	8772
NZSG-7	7000	3000	38.5	140	Y112M-6	2.2	8800	13862
NZSG-8	8000	3318	50.2	185	Y132S-6	3	12966	19158
NZSG-9	9000	3376	63	210	Y132S-6	3	15418	21733
NZSG-12	12000	3600	113	370	Y132S-6	3	25589	34823
NZSG-15	15000	4000	176	580	Y132S-4	5.5	35800	54315
NZSG-18	18000	4400	255	960	YCT200-4B	7.5	52485	73588
NZSG-20	20000	4400	315	1400	YCT200-4B	7.5	59365	76312

Filtro prensa

Plate Dimensions	1500 mm x 1500 mm (60" x 60")
Capacity Range	100 ft ³ to 275 ft ³
Hydraulics	Electric (Standard) or Air
Std. Piping Connections	4" Feed x 3" Discharge
Plate Shifting	Manual, Semi-Automatic, or Automatic

Options Shown:
Automatic Plate Shifter
Full Automation Control System
EnduroLiner™ Coating



1500mm

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

MODELO	MEDICIÓN	MIN	MAX
250 mm	VOLUMEN (CUFT)	0.1	0.4
	VOLUMEN (L)	2.8	11.3
	LONGITUD (PULGADAS)	24	38
320 mm	VOLUMEN (CUFT)	0.1	0.5
	VOLUMEN (L)	2.8	14
	LONGITUD (PULGADAS)	51	sesenta y cinco
470 mm	VOLUMEN (CUFT)	0.5	4
	VOLUMEN (L)	14.2	113
	LONGITUD (PULGADAS)	41	93
630 mm	VOLUMEN (CUFT)	2	12
	VOLUMEN (L)	57	342
	LONGITUD (PULGADAS)	85	159
800 mm	VOLUMEN (CUFT)	8	25
	VOLUMEN (L)	226	707
	LONGITUD (PULGADAS)	110	211
1000 mm	VOLUMEN (CUFT)	20	50
	VOLUMEN (L)	566	1415
	LONGITUD (PULGADAS)	145	260
1200 mm	VOLUMEN (CUFT)	40	125
	VOLUMEN (L)	1132	3540
	LONGITUD (PULGADAS)	165	356
1500 mm	VOLUMEN (CUFT)	100	275
	VOLUMEN (L)	2831	7787
	LONGITUD (PULGADAS)	313	500

4. Planos

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



Plano nº 1. Localización de la comunidad

Sin Escala

Diseño de una EDAR con una
capacidad de 30 m³/h

Enero 2018



George Badea

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



Plano n° 2. Localización de la zona

Sin Escala

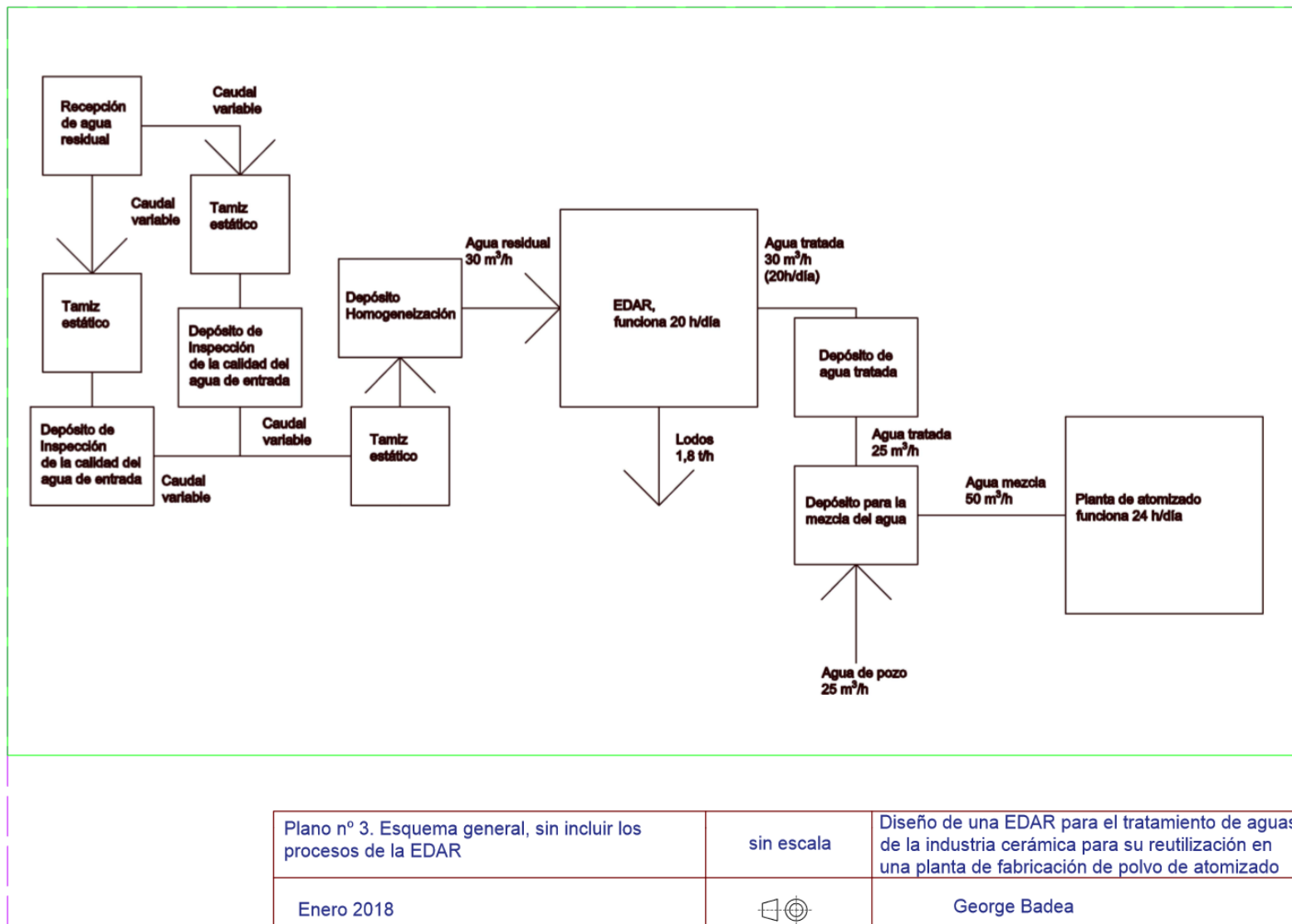
Diseño de una EDAR con una capacidad de 30 m³/h

Enero 2018

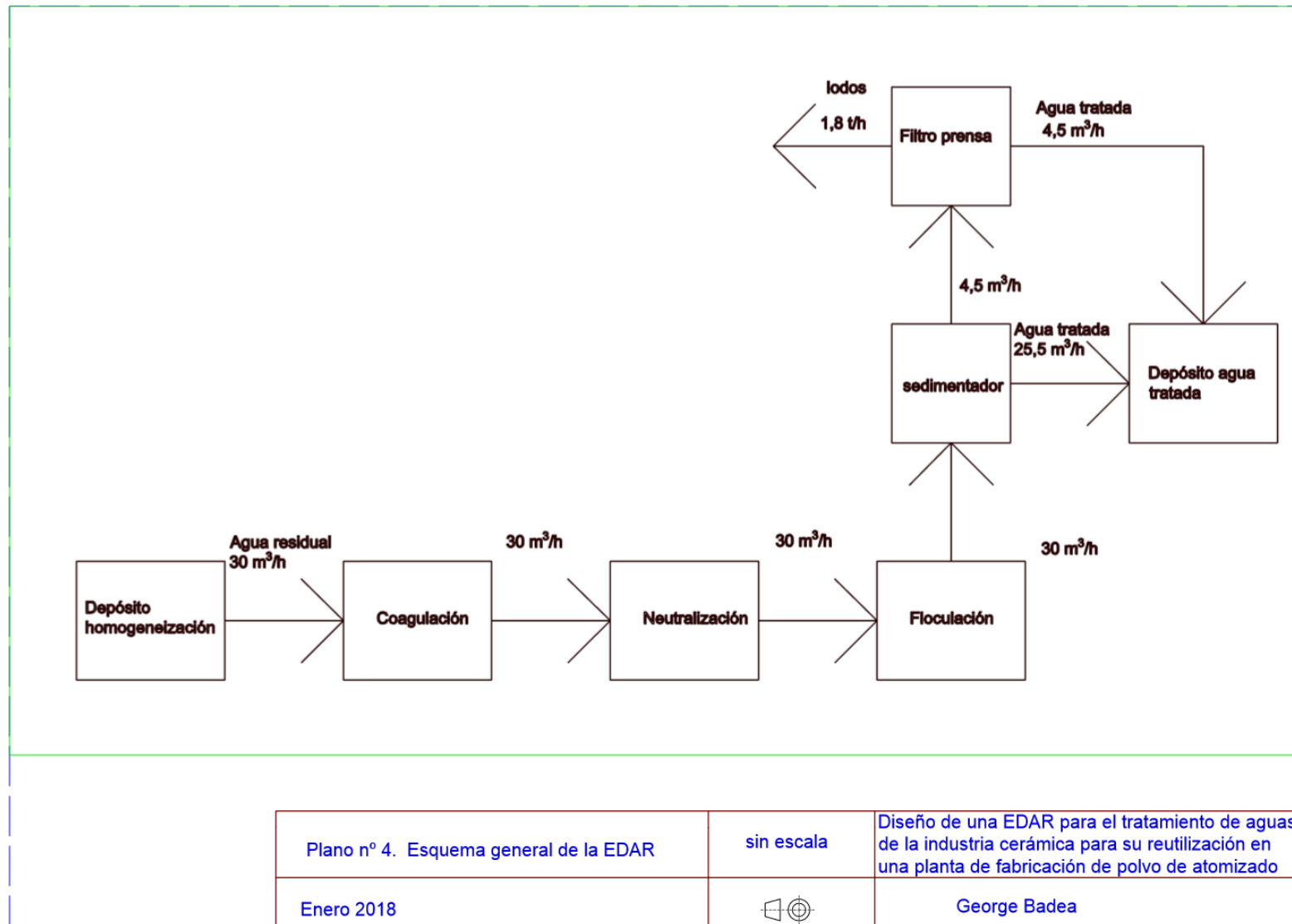


George Badea

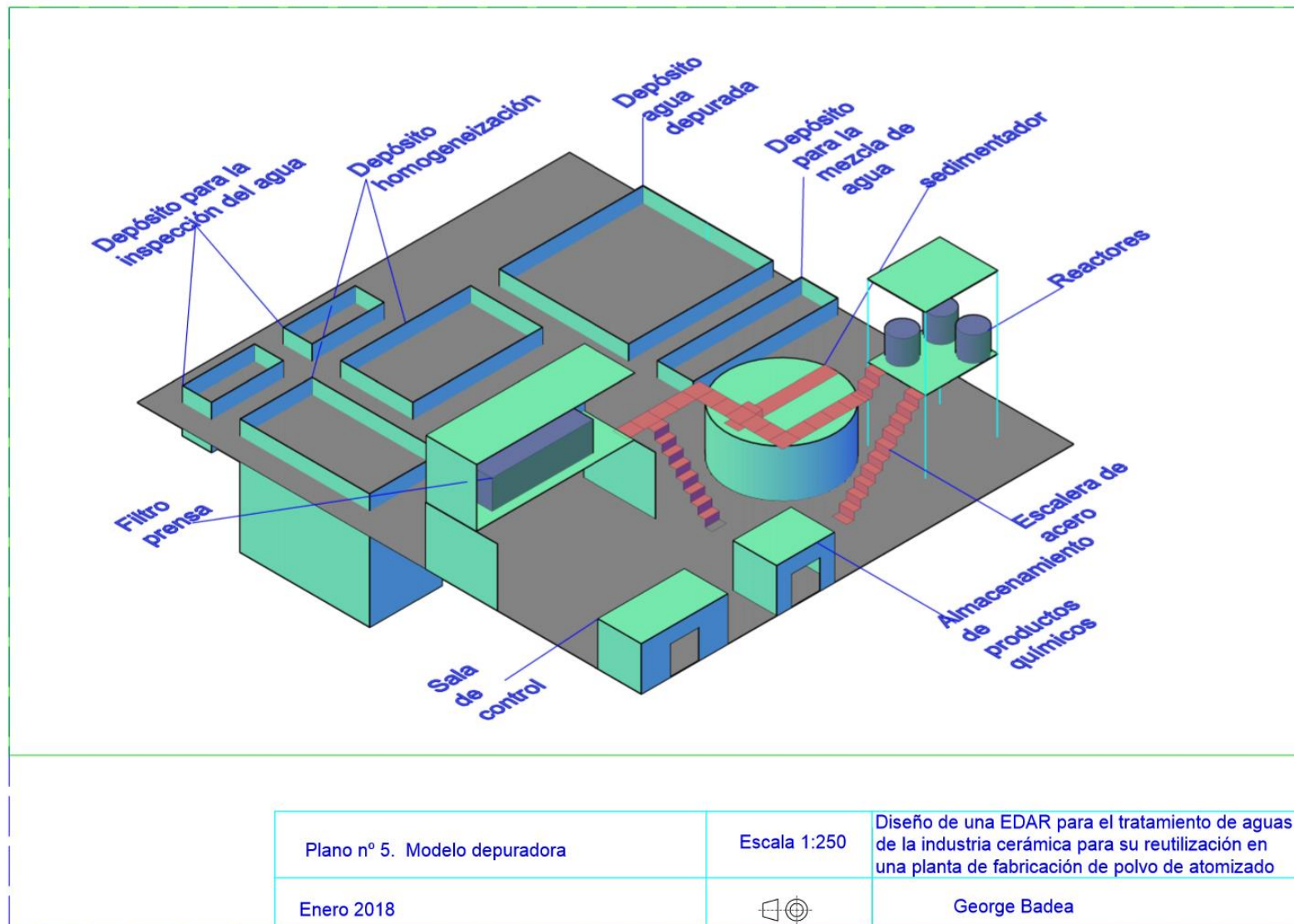
Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



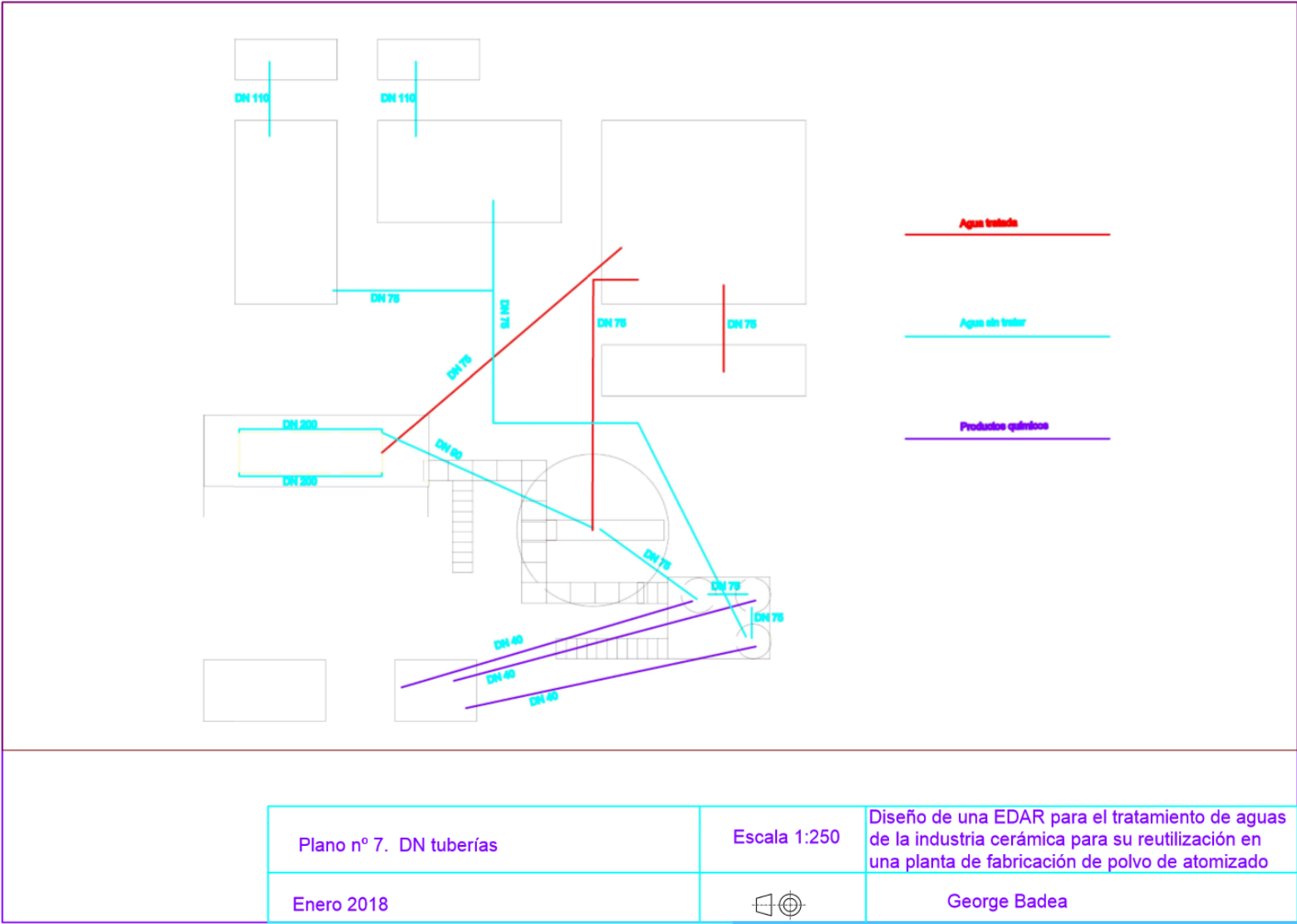
Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



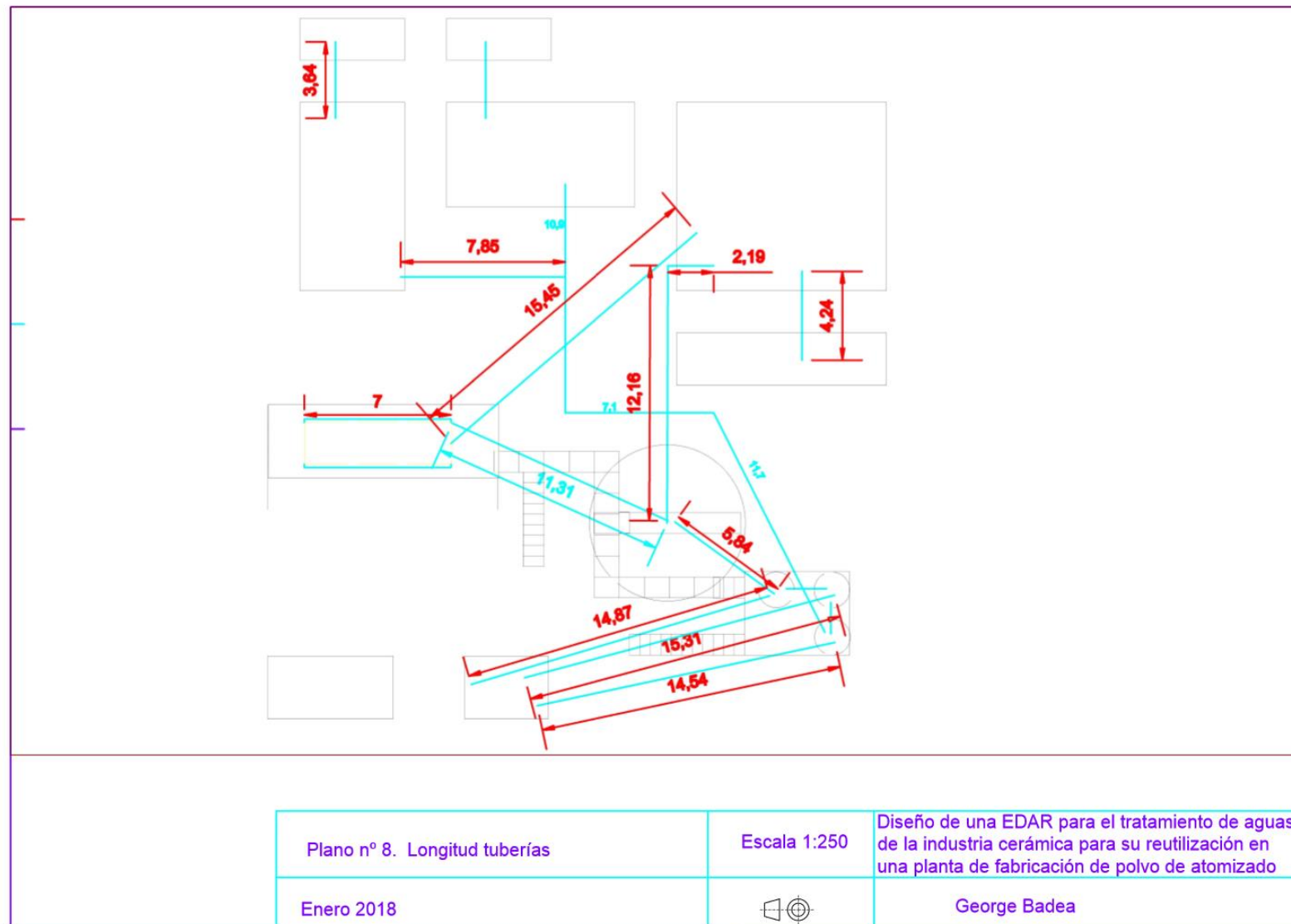
Planos



Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



Diseño de una EDAR para una planta de atomizado



5. Pliego de condiciones

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Índice

5.1	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	6
5.1.1.	<i>Disposiciones generales</i>	6
5.1.1.1.	Autorizaciones	6
5.1.1.2.	Documentación de partida	6
5.1.1.3.	Inicio de la obra	6
5.1.1.4.	Desarrollo	7
5.1.1.5.	Valoraciones	7
5.1.1.6.	Final de obra	7
5.1.1.7.	Obligaciones de utilización para el usuario (promotor)	7
5.1.1.8.	Limpieza general de la planta	9
5.1.1.9.	Controles para un buen funcionamiento	9
5.1.2.	<i>Disposiciones facultativas</i>	11
5.1.2.1.	Promotor	11
5.1.2.2.	Proyectista	11
5.1.2.3.	Contratista	12
5.1.2.4.	Director de la obra	14
5.1.2.5.	Director de la ejecución de obra	15
5.1.3.	<i>Disposiciones económicas</i>	16
5.1.3.1.	Fianzas	17
5.1.3.2.	Precios	18
5.1.3.3.	Valoración y abono de los trabajos	20
5.2	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES	24
5.2.1.	<i>Especificaciones de materiales y equipos</i>	24
5.2.1.1.	Calidad de los materiales	24
5.2.1.2.	Pruebas y ensayos de materiales	24
5.2.1.3.	Materiales no consignados en proyecto	24
5.2.1.4.	Agua para morteros y hormigones	24
5.2.1.5.	Áridos para morteros y hormigones	24
5.2.1.6.	Cementos	25
5.2.1.7.	Hormigones	25
5.2.1.8.	Morteros	26
5.2.1.9.	Acero	26
5.2.1.10.	Madera para encofrar	27
5.2.1.11.	Otros materiales	27
5.2.1.12.	Generalidades sobre los equipos mecánicos	27
5.2.1.13.	Equipos mencionados en documentos anteriores	28
5.2.1.14.	Maquinaria	28
5.2.2.	<i>Especificaciones de ejecución</i>	29
5.2.2.1.	Terrenos	29
5.2.2.2.	Preparación de Zanjas	30
5.2.2.3.	Instalación de tuberías	37
5.2.2.4.	Equipos de tratamiento	38

Introducción

El pliego de condiciones es el documento que regula las relaciones entre el promotor del proyecto y deberá contener toda la información necesaria con el fin de que esas relaciones sean lo más fructíferas posibles. En los planos se lo que hay que hacer, pero es en el pliego de condiciones donde se especifica cómo hay que hacerlo. Además, el Pliego de Condiciones señala los derechos, obligaciones y responsabilidades mutuas entre el Promotor y el Contratista y constituye el anejo fundamental del contrato que ambas partes suscriben. Precisa el “modus operandi” durante el desarrollo de los trabajos y colabora a evitar discusiones costosas e innecesarias y ayuda a tomar decisiones con rapidez y eficacia.

Como punto informativo, lo que se haya citado en el Pliego de Condiciones y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si hubiera estado expuesto en ambos documentos, siempre que, a juicio del director, queden suficientemente definidas las unidades de obra correspondientes y éstas tengan precio en el Contrato. Además, si por casualidad existe algún punto contradictorio entre el Pliego de Condiciones y presupuesto se hará caso a lo expuesto en el Pliego de Condiciones.

A continuación, se señalan las principales partes del Pliego de Condiciones.

Pliego de condiciones generales

Contiene una descripción general del contenido del proyecto. En este primer apartado se establecerá el alcance y objeto del proyecto.

- **Disposiciones generales**
- **Disposiciones facultativas**
- **Disposiciones económicas**

Pliego de prescripciones técnicas particulares

Se divide en dos grupos

- Especificaciones de materiales y equipos

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Especificaciones de ejecución

Especificaciones de materiales y equipos

Aquí es donde aparecerán definidos todos los componentes, equipos, instalaciones, materiales, que constituyen el proyecto.

Especificaciones de ejecución

Si en el apartado anterior se concreta lo que se va a utilizar en el proyecto, este apartado tiene como objetivo especificar como se va a utilizar.

Normativa

- Real Decreto 1098/2001, 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley Contratos de las Administraciones Públicas.
- Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Decreto 1156/1960, de 2 junio, por el que se prohíbe el trabajo nocturno a los menores de dieciocho años.
- Orden de 15 marzo de 1963 por la que se aprueba una Instrucción por la que se dictan normas complementarias para la aplicación del Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).
- El Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)”
- UNE-EN 1610:2016, Construcción y ensayos de desagües y redes de alcantarillado.
- UNE-EN 805:2000, Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
- UNE-ENV 1046:2002, Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Sistemas de conducción de agua o saneamiento en el exterior de la estructura de los edificios. Práctica recomendada para la instalación aérea y enterrada.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006, relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición).
- Real Decreto 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- UNE 53112:1988, Plásticos. Tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) no plastificado para conducción de agua a presión.

5.1 Pliego de condiciones generales

5.1.1. Disposiciones generales

5.1.1.1. Autorizaciones

Antes de empezar con la elaboración del proyecto se debe asegurar que se han obtenido todas las autorizaciones necesarias para la realización del proyecto, como:

- Dominio del predio terreno se efectuará la obra.
- Posibles servidumbres
- Licencias municipales
- Autorizaciones ambientales
- Interferencias con elementos públicos: costas, carreteras, cauces, etc.
- Aspectos relativos a la seguridad de la obra.

5.1.1.2. Documentación de partida

Otra tarea a realizar antes de la edificación consiste en el estudio del proyecto con suficiente detenimiento y dejar claros los puntos conflictivos, debe comprobarse:

- Que la normativa utilizada en la redacción del Proyecto sea vigente
- La viabilidad técnica del proceso de ejecución y los planos.
- Estudio y aprobación del Plan de Control de Calidad.
- Comprobar la idoneidad del personal y medios propuestos por el contratista.

5.1.1.3. Inicio de la obra

El inicio de la obra se hace con una revisión por parte del contratista, una vez identificados correctamente los terrenos. El Director de Obra debe verificar el replanteo, para posteriormente firmar el acta de replanteo, se suele significar el inicio oficial de las obras, en que comienzan a contar los plazos. Debe abrirse el libro de órdenes, con hojas por triplicado, que puede obtenerse de los Colegios Oficiales.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

5.1.1.4. Desarrollo

Una vez iniciada la obra se debe comprobar que la ejecución del proyecto se realiza correctamente. Se debe comprobar el cumplimiento de las reglamentaciones y se debe comprobar que la seguridad del personal en la obra es la adecuada. Las visitas deben ser frecuentes, pero no periódicas. De las órdenes e incidencias debe dejarse constancia en el libro de órdenes, de forma que por cada visita haya al menos una hoja de órdenes.

5.1.1.5. Valoraciones

Con el fin de pagar al constructor la Dirección de Obra debe realizar una valoración cada cierto periodo de lo ejecutado. Se suelen hacer certificaciones parciales a origen, esta certificación no supone la aceptación de una obra.

5.1.1.6. Final de obra

Una vez finalizada la obra se debe realizar una inspección final que debe ser muy detallista. Si no existe ningún inconveniente se redacta el Certificado Final de Obra con la relación valorada final. Una vez la obra es aceptada por el promotor se levanta el acta de recepción provisional en presencia del promotor y se empiezan a contar los plazos de garantía

5.1.1.7. Obligaciones de utilización para el usuario (promotor)

El manual de instrucciones debe conservarse en un lugar aislado y seguro. Se debe realizar una copia para cada operario. Antes de ejecutar cualquier operación sobre la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, el usuario deberá leer y entender todas las operaciones descritas en el presente manual, bien sea aquellas relativas al funcionamiento normal o aquellas relativas a las operaciones de mantenimiento.

Se deben respetar todas las prescripciones de seguridad y las advertencias suministradas en el presente manual de uso.

Se deben seguir específicamente las normas de seguridad específicas en vigor en el lugar de implantación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Se debe impedir a las personas no autorizadas o insuficientemente informadas el acceso a la zona de actuación de los equipos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Antes de ejecutar cualquier operación de reparación o manutención, se debe cortar toda fuente de energía conectada a los equipos, y asegurarse que todos los circuitos deben ser completamente descargados. El incumplimiento de esta norma puede acarrear graves daños a objetos o accidentes mortales a personas.

Está específicamente prohibido manipular y acercarse a menos de 3 m de distancia las máquinas de la Planta de Tratamiento sin utilizar guantes homologados, gafas de protección de ojos homologadas, vestimenta de seguridad ni calzado de seguridad.

Cada vez que se conecta la Planta de Tratamiento, se debe verificar la integridad del cableado eléctrico y de los dispositivos eléctricos conectados a los diversos equipos,

Se deben ejecutar todas las operaciones de mantenimiento indicadas, respetando los periodos establecidos y los procedimientos marcados en el siguiente manual.

El no tener en cuenta las indicaciones de seguridad puede originar las pérdidas del derecho a reclamaciones por daños y perjuicios.

El personal para el manejo, mantenimiento, inspección y montaje debe tener la cualificación requerida para estos trabajos. Las áreas de responsabilidad, las jurisdicciones y el control del personal deben ser determinados exactamente por el usuario de la Planta de Tratamiento. Si el personal no tuviera los conocimientos necesarios, entonces debe ser formado e instruido. Esta instrucción puede ser efectuada, en caso que el usuario de la máquina así lo solicite, por el productor. Además, el usuario debe asegurarse que el contenido del manual haya sido comprendido perfectamente por el personal.

La manipulación de la Planta de Tratamiento solamente puede ser efectuada por operarios dotados de las siguientes características:

- Que hayan leído y entendido las instrucciones para el uso normal de la Planta de Tratamiento.
- Que tengan el encargo específico de manipular la planta

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Que estén adiestrados en el trabajo con los elementos inherentes al Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.
- Que empleen la vestimenta protectora idónea, como calzado de goma, guantes, gafas de protección, vestimenta de seguridad, etc.
- Que hayan sido informados de los eventuales riesgos químicos/biológicos inherentes a los productos empleados y que hayan tomado las medidas necesarias para protegerse.

5.1.1.8. Limpieza general de la planta

La planta depuradora funcionará 20 horas al día, con 4 horas destinadas al mantenimiento de la misma. Las 4 horas dedicadas al mantenimiento se van a utilizar para realizar dos tipos de limpiezas, siempre con la planta parada:

- Diaria
- A fondo (mensual)

Se efectuará a diario, siendo imprescindibles las siguientes operaciones:

- Limpieza de las telas del filtro prensa
- Recogida de los sólidos del vibrotamiz

Se aconseja realizar las siguientes operaciones, como mínimo, una vez al mes

- Vaciar y limpiar los reactores por completo
- Limpieza de toda la instalación.
- Revisión de las tuberías de toda la instalación.
- Calibración del pHmetro.
- Engrase de cadena, pista de rodadura, cojinetes arrastre. Se aconseja utilizar grasa tipo Sheperol T-6, altamente resistente al agua y repeledora de la misma.

5.1.1.9. Controles para un buen funcionamiento

Los controles propuestos a continuación sirven para prevenir posibles averías, reducir el riesgo de accidentes y optimizar el funcionamiento de la planta. Los siguientes

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

controles se van a considerar obligatorios y se deben efectuar siempre con la planta parada:

Controles diarios:

- Control del agua de entrada: color, olor, sólidos, pH.
- Control de agua de salida: color, olor, pH.
- Depuración: Coagulación y floculación. En caso que la depuración no se realice correctamente se variará la dosificación de reactivos, a partir de un ensayo en muestra.
- Reposición de productos: La reposición de productos se realizará teniendo en cuenta que en todo momento estará garantizada la dosificación necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación. Se indicará el volumen antes de la reposición del producto (Volumen inicial) y el volumen una vez se ha repuesto producto (Volumen final).
- Preparación de reactivos: preparación de coagulante y preparación del floculante.
- Dosificación de productos (falta el caudal de las bombas): coagulante, floculante, neutralizante y antiespumante.
- Comprobaciones funcionamiento:
 - Funcionamiento de la bomba de alimentación de la depuradora
 - Válvula de regulación de caudal
 - Funcionamiento de las bombas de reactivos
 - Regulación de las bombas de reactivos según el vertido
 - Revisión de los tubos de dosificación de reactivos
 - Control de las descargas de fangos
 - Limpieza de la sonda de pH
 - Control de la bomba de alimentación de filtro prensa
 - Revisión del filtro prensa
 - Control del cepillo de desbaste

Controles semanales:

- Inspección de lodos en el decantador.
- Comprobar tensión motores y sistema eléctrico, cuadro eléctrico y

cableado.

- Comprobación visual del aceite hidráulico.

5.1.2. Disposiciones facultativas

5.1.2.1. Promotor

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Obligaciones del promotor

- Poseer una autorización sobre un terreno que le permita construir en él
- Proporcionar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, además deberá ser capaz de consentir al director de la obra posteriores modificaciones del proyecto
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

5.1.2.2. Projectista

Es la persona que, por encargo de un promotor, se compromete a redactar el proyecto siguiendo la normativa en vigor.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la LOE, cada projectista asumirá la titularidad de su proyecto.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Obligaciones del proyectista

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional según corresponda, además deberá cumplir las condiciones requeridas para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

5.1.2.3. Contratista

Individuo o sociedad que asume la responsabilidad de proveer los materiales necesarios y realizar los trabajos de construcción según los planos en un plazo y ritmo determinados por el contrato firmado con el promotor.

Obligaciones del contratista

- Realizar la obra de acuerdo a la legislación aplicable, al proyecto, a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, con el fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.

- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación. Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE

5.1.2.4. Director de la obra

Es la persona principalmente responsable del desarrollo de la obra con referencia a los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de acuerdo con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

En coordinación con el director de obra, es posible asignar las obras de proyectos parciales a otros técnicos.

Son obligaciones del director de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor. A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

5.1.2.5. Director de la ejecución de obra

El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

Son obligaciones del director de la ejecución de obra.

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del arquitecto y del constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al arquitecto. Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.

5.1.3. Disposiciones económicas

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Toda persona que influye en el proceso de construcción tiene derecho a recibir regularmente cantidades devengadas por su correcta actuación, el valor viene establecido por las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

5.1.3.1. Fianzas

El contratista deberá presentar fianza según se indica a continuación:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción.

El porcentaje de aplicación establecido se fijará en el pliego de condiciones particulares

Si el contratista se niega a finalizar los trabajos necesarios para concluir la obra según las condiciones contratadas, el arquitecto director, en nombre y representación del propietario puede utilizar a un tercero para realizarlos, o podrá realizarlos directamente por administración. De esta forma puede abonar su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

Una vez finalizado el proyecto y firmada el acta de recepción definitiva de la obra, la fianza será devuelta al contratista en un plazo máximo de 30 días. La propiedad podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

En caso de recepciones parciales por parte de la propiedad y en conformidad con el arquitecto director, el contratista tendrá derecho a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

5.1.3.2. Precios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Costes directos

La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.

Los materiales que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.

Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.

Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.

Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Costes indirectos

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Gastos generales

Los gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración entran en esta categoría.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Se cifrarán como un porcentaje del Presupuesto de Ejecución Material, en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje suele variar de un 13% a un 17%. En este caso se ha elegido como gastos generales el 13% del PEM

Beneficio industrial

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración

Precio de Ejecución Material

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen, a excepción de los gastos generales y el beneficio industrial.

Presupuesto de Ejecución por Contrata

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial. Al sumarle el IVA se obtiene el PEC total o presupuesto total.

Precios Contradictorios

Se producen si el promotor, por medio del arquitecto, decide realizar algún cambio en lo previsto. El contratista es el que estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el arquitecto y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

Reclamación de Aumento de Precio

Si el contratista quiere hacer alguna reclamación u observación con referencia a los precios debe ser antes de firmar el contrato. Una vez firmado el contrato el contratista no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el contratista.

5.1.3.3. Valoración y abono de los trabajos

Forma de abono de las obras

Salvo que se preceptúe otra cosa en el pliego particular de condiciones, el abono de los trabajos según la modalidad elegida para la contratación de las obras se efectuara así:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del arquitecto director. Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador. Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc. Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas. Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el arquitecto director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del arquitecto director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales. Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el arquitecto director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido. El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del % de contrata. Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden. Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

valoración se refiere. En el caso de que el arquitecto director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

Mejoras de obras libremente ejecutadas

Si el contratista decide emplear materiales de mejor calidad o mayor tamaño, incluso con autorización del arquitecto directo, que lo señalado en el proyecto, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada

Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partidaalzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el arquitecto director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata. Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

Pagos

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el arquitecto director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el arquitecto director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista

5.2 Pliego de prescripciones técnicas particulares

Como se ha mencionado al principio se divide en dos categorías:

- Especificaciones de materiales y equipos
- Especificaciones de ejecución

5.2.1. Especificaciones de materiales y equipos

5.2.1.1. Calidad de los materiales

La calidad de los materiales empleados en la realización del proyecto deberá ser igual a la exigida por dicho proyecto.

5.2.1.2. Pruebas y ensayos de materiales

La Contrata tiene total libertad de someter los diferentes materiales a pruebas o análisis con el fin de acreditar su calidad, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas a las requeridas por el proyecto.

5.2.1.3. Materiales no consignados en proyecto

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

5.2.1.4. Agua para morteros y hormigones

El agua utilizada para la actividad deberá cumplir con las condiciones exigidas en Real Decreto 1247/2008, de 18 julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

5.2.1.5. Áridos para morteros y hormigones

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Deberán cumplir con las condiciones exigidas en Real Decreto 1247/2008, de 18 julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08). El equivalente de arena será superior a 75. A la vista de los áridos disponibles el director de las obras podrá ordenar su clasificación hasta en cuatro tamaños escalonados, en las proporciones y cantidades que estime conveniente, sin que por ello puedan modificarse los precios de mortero y hormigones.

5.2.1.6. Cementos

Para los cementos utilizados en la realización del proyecto gobernará Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).

Los cementos a emplear serán el I-32,5 e I-42,5

I-42,5R

Cemento gris de resistencia muy elevada especialmente diseñado para la realización de hormigones armados y pretensados así como prefabricados de hormigón de alta resistencia y rápido desmoldaje. Adecuado para tiempo frío

I-32,5N

Cemento gris de resistencia media recomendado para todo tipo de trabajos de albañilería y obras de hormigón. Gran durabilidad y baja fisuración en firmes de suelocemento y gravacemento.

El empleo de cemento de cualquier otro tipo debe ser autorizado por la directora de la obra, antes de su utilización, con las condiciones que en su caso establezca.

El director de las obras tiene la libertad de realizar las comprobaciones que considera oportunas y en caso de incumplimiento rechazará la totalidad de la partida y podrá exigir al Contratista la demolición de las obras realizadas con dicho cemento.

5.2.1.7. Hormigones

El hormigón es un material de construcción **formado por una mezcla de cemento, arena, agua y grava o piedra machacada**. Además, el hormigón **puede llevar algún**

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

tipo de aditivo para mejorar sus características dependiendo del uso que se le vaya a dar a la mezcla. Cuanta más pequeña sea la grava, más fino será el hormigón.

Deberá cumplir El Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)”

El control de calidad del hormigón y de sus materiales componentes se ajustará a lo previsto en el capítulo IX de Instrucción EHE-2008.

La resistencia característica del hormigón a compresión se controlará mediante ensayos de control a nivel normal.

Las decisiones derivadas del control de resistencia se ajustarán a lo previsto en la Instrucción EHE-2008

El Contratista suministrará sin cargo a la Dirección de Obra o a quien ésta designe, las muestras necesarias para la ejecución de los ensayos.

La calidad de los aceros para hormigón se controlará mediante ensayos a nivel normal de acuerdo con la norma EHE-2008.

El control de la ejecución de las obras de hormigón se ajustará a lo previsto en la Instrucción EHE-2008

5.2.1.8. Morteros

Para realizar la mezcla de morteros es posible realizarlo mecánicamente o a mano. El mortero se fabricará solamente para su uso inmediato, todo aquel que no se utilizó dentro de los treinta minutos después de su fabricación se rechazará.

Los morteros a emplear serán.

M-450 en fábricas de ladrillos y rejuntado de bordillos. M-600 en enfoscado y enlucido. Antes de utilizar mortero se deberá obtener la aprobación del director de obras.

5.2.1.9. Acero

El acero a utilizar, como en el caso del hormigón. Será empleado para armar el hormigón en forma de barras de acero, serán de acero de dureza natural, soldables y con

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

un límite elástico no inferior a 4200 kg/cm^2 . No tiene que presentar grietas y/u otros defectos que puedan disminuir su resistencia.

Se deberá controlar periódicamente que la altura en los resaltes de las barras sea superior o igual a 5 centésimas de diámetro.

Otras normas de calidad a tener en cuenta es que no deben aparecer grietas después de los ensayos de doblado simple a 180° y doblado/desdoblado.

Las cargas de roturas para los ensayos a tracción deben ser superiores a 36 kilogramos por metro cuadrado.

5.2.1.10. Madera para encofrar

Las maderas que se van a utilizar para encofrar se deben tener un buen estado de conservación y deberían presentar pocos. Se empleará madera de sierra con aristas vistas de fibra recta paralela a la mayor dimensión de la pieza.

5.2.1.11. Otros materiales

Los materiales no mencionados en este pliego deben tener las características adecuadas para la buena realización del proyecto. De todas formas, antes de emplear dichos materiales se debe obtener la autorización del director de obras.

5.2.1.12. Generalidades sobre los equipos mecánicos

Siempre que sea posible se tenderá hacia la unificación de equipos de tal forma que sean intercambiables, esta indicación tiene como finalidad la reducción del tiempo de mantenimiento al facilitar el repuesto de las piezas defectuosas. Además deberán ser instaladas con el fin de facilitar su mantenimiento.

En cuanto al ruido deberá cumplirse la normativa de Seguridad e Higiene en el trabajo.

En el caso de equipos de peso elevado se van a instalar sistemas de izado y manejo que facilite su mantenimiento. Por último, todos los elementos metálicos sumergidos tendrán un espesor mínimo de 4mm.

5.2.1.13. Equipos mencionados en documentos anteriores

Los siguientes equipos se han mencionado en los documentos anteriores al Pliego de Condiciones.

- Bombas utilizadas en la depuradora
- Agitador de la balsa de homogeneización
- Tanques reactores
- Agitadores reactores
- Tanques de almacenamiento
- Instrumental laboratorio
- Filtro prensa
- Espesador de lodos
- Tamiz estático

Las principales características y razón de elección de cada equipo se pueden encontrar en el apartado “Resultado” de la Memoria. Además en “Catálogos y fichas técnicas” del documento “Anexos” se puede encontrar la información completa con las características de los equipos elegidos.

5.2.1.14. Maquinaria

En cuanto a la maquinaria, el contratista deberá disponer de todos los medios mecánicos que hagan falta para la realización del proyecto.

La maquinaria y demás elementos de trabajo deberán estar en todo momento, en perfectas condiciones de funcionamiento y quedarán adscritos a la obra durante el curso de ejecución de las unidades en que deban utilizarse, no pudiendo retirarlas sin el consentimiento del Director de Obra.

5.2.2. Especificaciones de ejecución

5.2.2.1. Terrenos

El primer punto de la ejecución de obras deberá consistir en la preparación del terreno para permitir construcción de la infraestructura básica del relleno y con el menor impacto posible, así como facilitar las obras complementarias y las relativas al paisaje.

Nivelación

Consiste en la remoción de las primeras capas de suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible.

Se recomienda que la superficie de la base de las plataformas de residuos tenga una pendiente negativa de 2 ó 3% con respecto a los taludes del fondo y laterales, con el objetivo de garantizar el escurrimiento rápido de los líquidos percolados y su almacenamiento en las zanjas de drenaje.

Para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes, se recomienda que el movimiento de tierra se haga por etapas, dependiendo de la vida útil del sitio. En la nivelación del suelo de soporte o base de los terraplenes y en la apertura de las trincheras o zanjas se debe emplear equipo pesado (tractor de orugas y/o retroexcavadora), puesto que la excavación manual es demasiado ineficiente. El mismo equipo servirá para la construcción del camino de acceso y la(s) vía(s) interna(s) o la extracción y el almacenamiento de material de cobertura; es preferible que esta última actividad se realice solo en periodos secos.

Por lo general, el movimiento de tierras no durará más de una semana, puesto que la preparación del terreno para un relleno sanitario manual se concibe por etapas.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

5.2.2.2. Preparación de Zanjas

Para la preparación de zanjas se deberá seguir la norma UNE-EN 1610:2016, Construcción y ensayos de desagües y redes de alcantarillado. Las siguientes tablas servirán como base de referencia en cuanto al ancho mínimo de las zanjas.

Tabla 10. Ancho mínimo en relación con el diámetro nominal

DIÁMETRO NOMINAL D (mm)	ANCHO MÍNIMO DE ZANJA (OD + X) (mm)		
	zanja entibada	zanja sin entibar	
		$\beta > 60^\circ$	$\beta \leq 60^\circ$
$D \leq 225$	OD + 0.40	OD + 0,40	
$225 < D \leq 350$	OD + 0.50	OD + 0.50	OD + 0.40
$350 < D \leq 700$	OD + 0.70	OD + 0.70	OD + 0.40
$700 < D \leq 1.200$	OD + 0.85	OD + 0.85	OD + 0.40
$D > 1.200$	OD + 1.00	OD + 1.00	OD + 0.40

En los valores OD + X, X/2 representa el espacio mínimo de trabajo entre el tubo y la pared de la zanja o de la entibación.

Donde:

- OD es el diámetro exterior, en metros.
- β es el ángulo de las zanjas sin entibación medido desde la horizontal.

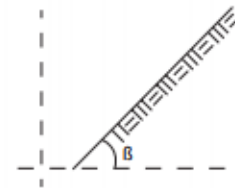


Tabla 11. Ancho mínimo en relación con la profundidad de la zanja

PROFUNDIDAD DE ZANJA (P) (m)	ANCHO MÍNIMO DE ZANJA (m)
$P < 1.00$	no existe ancho mínimo
$1,00 \leq P \leq 1.75$	0.80
$1,75 < P \leq 4.00$	0.90
$P > 4.00$	1.00

Para los trabajos en zanja existen unos potenciales riesgos, que se deben reducir al máximo posible. Cuando sea necesario deben: apuntalarse, encofrarse, entibarse, inclinarse o sostenerse las paredes de la zanja para proteger al personal dentro de la misma.

Se deben tomar las medidas necesarias para evitar efectos perjudiciales como caída de objetos en la zanja o su colapso por posicionamiento inadecuado de maquinaria.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El material excavado se depositará a una distancia no inferior a 0,5 m del borde de la zanja, y la proximidad y altura de los taludes no deberá poner en peligro la estabilidad de la excavación.

Relleno

El relleno se puede dividir en dos zonas con materiales y criterios de compactación distintos.

La primera zona se propaga desde la solera hasta un plano de aproximadamente 30cm sobre la parte superior del tubo. La segunda zona incluye el relleno restante.

Según la norma UNE-EN 1610 se fija un espesor mínimo de 15 cm de relleno inicial encima del cuerpo de la tubería y de 10 cm por encima de la junta. Al utilizar los materiales descritos en la norma, el espesor del relleno inicial deberá ser similar al especificado en el proyecto.

Los materiales que se utilizan para el relleno envolvente deben aportar estabilidad permanente y capacidad portadora para las canalizaciones enterradas en el suelo.

No se aceptan como relleno los siguientes materiales:

- Arcillas muy plásticas
- Suelos altamente orgánicos
- Materiales que puedan ser perjudiciales, física o químicamente, para las tuberías.
- Hormigón constitutivo
- Armaduras

Si las tierras extraídas difieren significativamente del tipo de material de relleno especificado en el proyecto, será necesario retirarlas, sustituyéndolas en el relleno por el material adecuado.

El emplazamiento del relleno lateral y del relleno principal se comenzará sólo cuando los tubos estén unidos y colocados sobre las camas, de forma que sean capaces de soportar carga.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El relleno incluye la colocación del relleno envolvente y del relleno principal, el desmontaje del encofrado y la compactación del terreno, que debe ser llevado a cabo de forma que asegure la capacidad de carga de la tubería según lo establecido en el diseño.

Relleno envolvente

Los materiales pueden ser de terreno natural si se ajustan a las necesidades del proyecto, en caso contrario se deben utilizar materiales de aportación

Los materiales para el apoyo no deberían contener partículas de tamaño superior a 40 mm para diámetros de tubería entre 200 y 600 mm. Cuando por su naturaleza el terreno no asegure la suficiente estabilidad de los tubos o piezas especiales, se compactará o consolidará por los procedimientos adecuados que se dispongan y con tiempo suficiente. En el caso de que se descubra terreno excepcionalmente malo, se decidirá la conveniencia de construir una cimentación especial (apoyos discontinuos en bloques, pilotajes, etc.).

Los requisitos para usar terreno natural son:

- Conformidad con las especificaciones del proyecto.
- Compactabilidad, si se especifica.
- Ausencia de materiales perjudiciales para la tubería

Materiales de aportación

Se dividen en

- a) Materiales granulares
- b) Materiales con aglomerantes hidráulicos
- c) Otros materiales

a) Los materiales granulares incluyen:

- Materiales monogranulares
- Materiales granulares
- Arena
- Materiales todo uno
- Material de machaqueo

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

b) Materiales con aglomerantes hidráulicos, incluyen:

Cemento

- Hormigón aligerado
- Hormigón pobre
- Hormigón sin armar
- Hormigón armado

c) Otros materiales:

Pueden emplearse para el recubrimiento otros materiales si se demuestra su conformidad. Las sustancias naturales o artificiales que puedan provocar daños a la canalización y a los registros no son aceptables.

La capacidad de carga portante de un tubo instalado depende en gran medida del relleno que hay alrededor del tubo. Para obtener la compactación adecuada del material de relleno inmediatamente alrededor del tubo, los criterios de material y densidad son a menudo incluidas como parte de las especificaciones de la solera.

Para instalaciones en zanja, cuando el espacio está limitado, el medio de compactación más efectivo son las apisonadoras neumáticas o de impacto mecánico. Las apisonadoras de impacto, las cuales actúan por peso estático y acción de amasado, son usadas principalmente en suelos arcillosos, mientras que en los suelos granulares son consolidados más efectivamente por vibración. Cuando se usan apisonadoras de impacto, deben tomarse precauciones en la compactación e introducción de las capas a ambos lados del tubo para que queden uniformes.

El relleno inicial que va directamente sobre el tubo debe ser compactado por procedimientos manuales. La compactación mecánica del relleno principal, directamente sobre el tubo, no debe comenzar hasta que la profundidad del relleno sea de un mínimo de 30 cm sobre la generatriz superior del tubo.

No se permite usar equipos de vibración para operar directamente sobre el tubo hasta una altura mínima de 90 cm de relleno que haya sido colocado. En los casos en que resulte peligroso la utilización de compactadores de tamaños medio y grande, por estar los rellenos muy próximos a otras conducciones, se deben ejecutar los rellenos por capas de espesor pequeño (10 ó 15 cm) y compactarlas con máquinas ligeras, como

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

rodillos arrastrados a mano, bandejas vibrantes, pisones, etc. El relleno envolvente se debe instalar para prevenir la intrusión del terreno existente o la migración del material del relleno envolvente al terreno circundante. En algunas circunstancias, puede ser necesario el uso de materiales geotextiles o filtros calibrados para mantener el relleno envolvente del tubo, especialmente si hay aguas subterráneas.

El material de relleno adecuado se coloca con cuidado a lo largo del tubo y se compacta bajo los riñones. El material se aportará por sucesivas capas a los dos lados del tubo y unos 30 cm por encima de la generatriz superior del tubo. El material de relleno, que deberá ser seleccionado y exento de piedras, no deberá ser empujado a la zanja o lanzado directamente sobre el tubo a más de 30 cm sobre la generatriz superior. Se deberá colocar de modo que no desplace ni dañe el tubo instalado.

El apoyo, el relleno lateral y el relleno inicial se deben ejecutar de acuerdo con el diseño y especificaciones. El apoyo del tubo debe ser protegido contra cualquier cambio exterior que varíe la capacidad de carga, estabilidad o posición.

Estos cambios pueden ser:

- Retirada de la entibación
- Influencias del agua subterránea
- Otros trabajos de excavación adyacentes

Cuando las partes de la tubería necesiten anclaje o refuerzo, éstos se colocarán antes del emplazamiento del apoyo.

A la hora de colocar el apoyo se debe presentar especial atención a:

Evitar el desplazamiento de la tubería respecto a su alineación y nivelación.

Cuidar el emplazamiento de la parte superior del apoyo para asegurar que el relleno bajo el tubo y bajo los riñones sea de material adecuadamente compactado.

Relleno principal

Los materiales mencionados anteriormente también se pueden utilizar para el relleno principal si se encuentran en conformidad con el proyecto.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El tamaño máximo de las piedras de los materiales excavados empleados para el relleno debería ser el menor de los siguientes:

- 300 mm.
- El espesor del relleno inicial, es decir, la capa de material de relleno que se encuentra inmediatamente por encima de la coronación de la tubería.
- La mitad del espesor de la capa de compactación, siendo éste el espesor de cada nueva capa de material de relleno previo a su compactación.

Dependiendo de las condiciones del suelo, agua subterránea y los materiales de tuberías el tamaño máximo puede reducirse, además para zonas rocosas se pueden especificar condiciones especiales.

Una vez que el material de relleno se coloca alrededor del tubo y se compacta adecuadamente, el resto del relleno es colocado y compactado para prevenir asentos de la superficie.

Existen diferentes tipos de equipos de compactación que se elegirán en función de los suelos disponibles:

- La pala mecánica de ruedas es la adecuada para arcillas cohesivas o sedimentos, y no es adecuada para suelos granulares.
- Los rodillos de llantas de goma, los cuales proporcionan peso estático y acción de amasado, son efectivos para muchos suelos.
- Los rodillos vibratorios son efectivos para materiales granulares.

No se debe trabajar con maquinaria pesada sobre el tubo hasta que el relleno esté adecuadamente colocado y existan, al menos, 80 cm de cobertura de tierras sobre la clave, con la excepción si el tubo esta dimensionado para ello.

El material de relleno deberá ser compactable y no debe contener grandes piedras, guijarros, terrones helados u otros materiales desaconsejables.

Si el tubo no está debajo de una carretera, camino u otra estructura propuesta, y el asentamiento posible de la superficie no es crítico, se pueden usar métodos de inundación o de chorros de agua a presión para compactar el material de relleno.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El sistema de la inundación de agua y el chorro a presión están limitados sólo para casos excepcionales para compactar suelos suficientemente permeables distribuyendo el exceso de agua, y no deberán ser usados con suelos cohesivos.

La zanja, después de alcanzar la saturación, bajará de 15 a 45 cm. Después de la saturación inicial y el asentamiento, se impulsa el agua al relleno a la profundidad del tubo en intervalos que varían de 8 a 16 cm. Este proceso es repetido hasta que la profundidad completa del material de relleno queda compactada.

Indicaciones prácticas para la compactación

Una vez realizado el relleno se procede a la compactación del material.

La distribución debe ser homogénea y la operación se debe realizar de forma ordenada, controlando bien el número de pases.

Algunas reglas a tener en cuenta son las siguientes:

En el caso de zanja terraplenada o zanja inducida en terraplén, se debe empezar dando el primer pase por los bordes del terraplén, de esta forma se consigue un efecto de confinamiento que ayuda a la compactación

Debido a que en todas las máquinas de compactación se consigue mayor eficacia bajo el plano central de la misma que en los laterales, debe darse cierto solape entre cada pase y el contiguo. Con ello se uniformiza la compactación.

Muchas máquinas de compactación pueden trabajar tanto marcha atrás como hacia delante; con ello se evitan maniobras que, además de ocasionar pérdidas de tiempo, levantan la capa superior del terraplén o zanja al arrastrar el material en los virajes

En los bordes de los terraplenes siempre queda una cuña sin compactar en la forma debida. Esto hay que tenerlo en cuenta para dar un pequeño sobre-ancho sobre la zona que necesita la compactación correcta. Según sea el tipo de construcción, puede dejarse este sobre-ancho o bien eliminarlo después de terminar el terraplenado.

Debe procurarse utilizar un solo tipo de compactador, pues con ello se simplifica mucho el control. Sin embargo, hay casos en que se deben utilizar distintos compactadores, por ejemplo:

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Para sellar la capa superior al final de cada jornada, cuando se utilizan compactadores de huellas profundas y se teme que pueda llover durante la noche.
- Para compactar la capa final del terraplén, cuando se empleen compactadores de efecto en profundidad.

En ambos casos pueden utilizarse compactadores de neumáticos o de cilindros lisos para las últimas pasadas.

5.2.2.3. Instalación de tuberías

La instalación de una tubería consiste en el conjunto de acciones que hay que realizar para colocar una tubería en su posición definitiva, garantizado el cumplimiento de la función hidráulica y mecánica para la que ha sido diseñada. Las tuberías que forman parte de las instalaciones receptoras han de ser de materiales con las características mecánicas adecuadas a la función que han de desempeñar.

Recepción y tendido de los tubos

A la llegada del material el cargamento se debe inspeccionar detalladamente observando si el acondicionamiento ha sufrido algún deterioro.

El material que ofrezca dudas sobre la procedencia de su utilización deberá ser apartado a un lugar que esté perfectamente diferenciado del resto del material evitando cualquier posible confusión.

Se deben respetar las indicaciones del fabricante y los requisitos de las normas del producto.

Los tramos de la traza deben elegirse de tal forma que se consigan trayectos lo más rectos posible. Los cambios de dirección influyen en una mayor pérdida de carga por rozamientos. Las contrapendientes o puntos altos deben evitarse, pero si existieran deberá preverse ventosas que permitan la salida del aire. En los puntos bajos serán necesarios los correspondientes desagües.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Instalación

Las instrucciones que se deben seguir se encuentran en las normativas:

- EN 805
- EN 1610
- ENV 1046

Los tubos se almacenarán y manipularán de forma que se evite cualquier daño. Se inspeccionará cuidadosamente cada tubo, especialmente las uniones, para evitar daños antes de la instalación.

Se tenderá el tubo en la zanja de forma que se sitúe uniformemente sobre la cama de apoyo en toda su longitud.

Tanto los tubos como las juntas deben estar limpios, exterior e interiormente, y deben ser comprobados antes de su instalación para verificar que no quedan residuos de tierras interpuestos entre los labios de las junta de goma.

En los extremos del tubo y las juntas debe aplicarse jabón lubricante para juntas especialmente diseñado para facilitar el deslizamiento de tubo y junta durante la operación de montaje. Solamente debe utilizarse el lubricante recomendado por el fabricante. Cualquier otro tipo de lubricante puede ser perjudicial por atacar el material de la junta. Nunca se utilizarán grasas o aceites minerales.

A continuación se procederá al centrado y perfecta alineación de los tubos, realizando la unión del tubo con su precedente empujando desde su extremo mediante palanca, con tráctel con la cuchara de la excavadora o con las eslingas.

Durante la instalación, la dirección del tubo puede cambiarse en la junta hasta el ángulo máximo indicado por el fabricante

5.2.2.4. Equipos de tratamiento

Para la instalación de los equipos de tratamiento como:

- Bombas
- Reactores

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

- Agitadores
- Espesador
- Filtro Prensa

Se deberán seguir las instrucciones proporcionadas en el manual técnico de cada equipo.

6. Estado de Mediciones

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

El Estado de Mediciones define las unidades de cada partida que configuran la totalidad del proyecto, servirá como punto de referencia a la hora de realizar el presupuesto del proyecto.

Las principales categorías son las siguientes:

- Obra civil
- Equipos
- Instalaciones

Por otra parte, las siguientes categorías son porcentajes estimados que se van a calcular en el “Presupuesto”.

- Seguridad y Salud: 2,5% de la obra civil
- Gestión de residuos: 3% de la obra civil
- Pruebas de funcionamiento: 1% del coste de los equipos
- Licencias: 12% de los otros presupuestos incluidos en el PEM

Tabla EM. 10-1. Obra civil

Elemento	Unidad	N.º unidades
Superficie total de la planta	m ²	900
Depósito agua tratada	m ³	720
Depósito homogeneización nº1	m ³	360
Depósito homogeneización nº2	m ³	360
Depósito para la inspección del agua nº1	m ³	30
Depósito para la inspección del agua nº2	m ³	30
Depósito mezcla del agua tratada	m ³	150

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tabla EM. 10-2. Equipos

Elemento	Uds.
Bomba para impulsar agua de pozo. Modelo PZ-63-20/10 P=14,9 kW	3
Agitador del depósito agua tratada- agua pozo Modelo AGS 190-3SHX/2,3. P=1,7kW	1
Bomba del depósito de homogeneización. Modelo PZ-62-20/4 . P= 7,5 kW	3
Bomba modelo PZ-80L-20/2. P=5,6 kW	5
Agitador depósito homogeneización. Modelo AGS 190-3SHX/2,3. P=1,7kW	3
Tamices Dimensiones tamiz 1: alto 1960 mm, ancho 1260 mm, profundidad 1300mm. Dimensiones tamiz 2: alto 1960 mm, ancho 1260 mm, profundidad 1300mm.	2
Reactor coagulante. Diámetro=1,7m. Altura= 1,7m	1
Tanque almacenamiento coagulante. Diámetro=1,49m. Altura= 1,41m	1
Agitador tanque coagulante. Modelo VPP3-06 03B 03. P=1,1kW	1
Reactor NaOH. Diámetro=1,7m. Altura= 1,7m	1
Tanque almacenamiento NaoH. Diámetro=0,6m. Altura= 1m	1
Agitador tanque neutralizante. Modelo VPP3-06 03B 03. P=1,1kW	1
Reactor floculante. Diámetro=1,7m. Altura= 1,7m	1
Agitador tanque floculante. Modelo VPP3-06 03B 03. P=1,1kW	2
Espesador de lodos	1
Filtro prensa	1
Bomba dosificadora coagulante. Modelo Magdos DE/DX 20. P=0,07 kW	2
Bomba dosificadora floculante.	2

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Modelo Minidos A40. P= 0,05kW	
Bomba dosificadora NaOH. Modelo Minidos E72. P=0,05 kW	2
fotómetro multifunción	2
Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester	2
densímetro SG-1000C	2

Tabla EM. 10-3. Instalaciones

Actividad	Unidad	Cantidad
Instalación eléctrica (alumbrado, equipos de control)	m ²	900
Instalación antiincendios	m ²	900
Instalación eléctrica equipos	kW	52,07

Tabla EM. 10-4. Tubería y elementos relacionados

Descripción	Unidad	Cantidad
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 40 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 3 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	44,72
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 75 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 5,5 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	82,9
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 90 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 6,6 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	11,31

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 110 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 8,1 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	m	7,28
canaletas PVC 200	m	16,3
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 40 mm	Ud.	3
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 90 mm	Ud.	2
Válvula compuerta masa cierre elástico PN-16 de 110 mm	Ud.	3
Caudalímetro Siemens 40 mm	Ud.	3
Caudalímetro Zenner 80 mm	Ud.	1
Caudalímetro Zenner 100 mm	Ud.	3
Juego de contrabridas para contadores de agua 40 mm	Ud.	3
Juego de contrabridas para contadores de agua 80 mm	Ud.	1
Juego de contrabridas para contadores de agua 100 mm	Ud.	3
Tubo de policloruro de vinilo clorado (PVC-C), de 150 mm de diámetro exterior, PN=16 atm y 11,1 mm de espesor, según UNE-EN ISO 15877-2, con el precio incrementado el 30% en concepto de accesorios y piezas especiales y montaje	Ud.	70

7. Presupuesto

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el importe del coste de los materiales y de la mano de obra, necesarios para la ejecución del proyecto. Es formado por diferentes secciones, que se pueden visualizar en las tablas 1-7. En la tabla 8 se pueden visualizar el coste total del PEM.

TablaP 1. Presupuesto terreno

Superficie del terreno (m ²)	Coste del m ² (€/m ²)	Coste total del terreno
900	150	135000

TablaP 2. Presupuesto Obra civil

Elemento	Unidad	Nº unidades	Precio por unidad (€)	Coste (€)
Superficie total de la planta	m ²	900	77	69300
Depósito agua tratada	m ³	720	132,2	95184
Depósito homogeneización nº 1	m ³	360	164,59	59252,4
Depósito homogeneización nº 2	m ³	360	164,59	59252,4
Depósito para la inspección del agua nº 1	m ³	30	164,59	4937,7
Depósito para la inspección del agua nº 2	m ³	30	164,59	4937,7
Depósito mezcla del agua tratada	m ³	150	164,59	24688,5
Coste total obra civil				317552,7

TablaP 3. Presupuesto Equipos

Elemento	Uds.	Coste Ud. (€)	Coste total (€)
Bombas para impulsar agua del depósito de inspección al segundo tamiz	4	2100	8400
Bomba para impulsar agua de pozo	2	2988	5976
Agitador del depósito agua tratada-agua pozo	1	3100	3100
Bomba del depósito de homogeneización	3	1950	5850
Bomba para impulsar el agua a la planta de atomizado	1	2100	2100
Agitador depósito homogeneización	3	3100	9300
Tamiz grueso	2	9470	18940
Tamiz fino	1	12035	12035

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Reactor coagulante	1	946,22	946,22
Tanque almacenamiento coagulante	1	539	539
Agitador tanque coagulante	1	750	750
Reactor NaOH	1	946,22	946,22
Tanque de almacenamiento NaoH	1	150	150
Agitador tanque neutralizante	1	750	750
Reactor floculante	1	946,22	946,22
Agitador tanque floculante	2	750	1500
Espesador de lodos	1	37250	37250
Filtro prensa	1	80000	80000
Bomba dosificadora coagulante	2	1055,67	2111,34
Bomba dosificadora floculante	2	1580,85	3161,7
Bomba dosificadora NaOH	2	2205,86	4411,72
fotómetro multifunción	2	600	1200
Hanna Combo pH/EC/TDS/Temp tester	2	157,7	315,4
densímetro SG-1000C	2	2250,9	4501,8
Coste total equipos		205180,62	
Montaje de los equipos (15% del coste)		30777,093	
Coste total		235957,713	

TablaP 4. Presupuesto Instalaciones

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
Instalación eléctrica (alumbrado, equipos de control)	m ²	900	15	13500
Instalación antiincendios	m ²	900	18,5	16650
Instalación eléctrica equipos	kW	52,07	245	12757,15
Total				42907,15

Para la tabla 3 se han utilizado estimaciones proporcionadas por el colegio de ingenieros industriales de la Comunidad Valenciana (IICV).

Para el coste referido al presupuesto de Seguridad y Salud se suele utilizar un porcentaje de 2,5% de la obra civil, si no se incluyen las mediciones.

TablaP 5. Presupuesto Seguridad y Salud

Actividad	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
Seguridad y Salud	%	2,5	317552,7	7938,81

Para la gestión de residuos se suele estimar un 3% de la obra civil.

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

TablaP 6. Presupuesto Gestión de residuos

Activad	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
Gestión de residuos de obra	%	3	317552,7	9526,58

El coste de las pruebas de funcionamiento se considera un 1% del coste de los equipos

TablaP 7. Presupuesto Pruebas de funcionamiento

Activad	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
Pruebas de funcionamiento	%	1	235957,713	2359,57

El último coste se refiere al coste de las licencias necesarias para la realización del proyecto, se suele estimar un 12% de la suma de los presupuestos anteriores.

Como resultado la tabla obtenida para el PEM es la siguiente.

TablaP 8. PEM

Presupuesto	Coste (€)	Porcentaje (%)
Terreno	135000	15,38%
Obra civil	317552,7	36,18%
Equipos	235957,71	26,89%
Tubería	32345,435	3,69%
Instalaciones	42907,15	4,89%
Seguridad y Salud	7938,8175	0,90%
Gestión de residuos	9526,581	1,09%
Pruebas de funcionamiento	2359,5771	0,27%
Licencias	94030,557	10,71%
Total	877618,53	100,00%

Diseño de una EDAR para una planta de atomizado

Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC)

Se obtiene sumando la parte proporcional de los gastos generales y el beneficio industrial del proyecto.

Los porcentajes aplicados para cada uno de estos conceptos, al no estar fijados por ninguna normativa, generalmente se determinan a partir de valores habituales que se utilizan en obra oficiales.

Gasto Generales: 13% del PEM

Beneficio Industrial: 6% del PEM

TablaP 9. Presupuesto de Ejecución por Contrata

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
PEM	€	-	-	877619
Gastos Generales	%	13	877618,5308	114090
Beneficio Industrial	%	6	877618,5308	52657,1
Total				1044366

Presupuesto Total (PT)

Al añadir el coste del IVA al PEC, se obtiene el presupuesto total.

TablaP 10. Presupuesto total

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio por Ud.	Coste (€)
PEC	€	-	-	1044366
IVA	%	21	1044366,052	219316,9
Total				1263683

El Presupuesto Total del proyecto asciende a 1263683 €.